



**Tomás Lopo Hipólito Branco Ribeiro Mateus**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Procedimento para Recolha de Recipientes Industriais: Caso de estudo**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Ferreira Barroso,  
Professora Auxiliar, FCT NOVA, UNL

Coorientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado  
Professora Auxiliar, FCT NOVA, UNL

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria Nascimento Lopes Nunes

Arguente: Professor Doutor Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco

Vogal: Professora Doutora Ana Paula Ferreira Barroso



### **Procedimento para Recolha de Recipientes Industriais: Caso de estudo**

Copyright © Tomás Lopo Hipólito Branco Ribeiro Mateus, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



Aos meus pais e avós

“É preciso sofrer “a dor” de uma fase da vida para chegar, ficar e sentir “o sabor” de uma colheita frutuosa”



## **Agradecimentos**

À orientadora e coorientadora desta dissertação, respetivamente, as Professoras Ana Paula Barroso e Virgínia Machado, pela disponibilidade e apoio que contribuíram para a conclusão desta dissertação.

À Greif Portugal e aos seus colaboradores pela oportunidade que me proporcionaram de crescer profissionalmente e pessoalmente e por toda a motivação e ajuda que me deram no desenvolvimento deste trabalho.

Um especial agradecimento aos meus pais, avós e Inês pela ajuda, motivação, incentivo e confiança que incondicionalmente depositaram em mim.

Por fim, quero agradecer aos meus familiares e amigos que estiveram presentes durante o processo e que contribuíram para que eu conseguisse finalizar esta dissertação.





## Resumo

Este trabalho foi desenvolvido na Greif, Inc., uma empresa multinacional americana, líder mundial na fabricação de recipientes industriais que conta com 16000 colaboradores dispersos por 183 fábricas em 41 países, tendo tido um volume de vendas de cerca de 4 mil milhões USD em 2018.

Atualmente existe uma pressão constante para que as empresas valorizem os resíduos produzidos, sendo a atividade de logística inversa essencial numa organização. Uma parte importante dessa atividade envolve o transporte, pelo que é fundamental que se recorra a processos de planeamento de rotas com bons desempenhos pois a qualidade inerente a essas rotas é determinante para que a utilização de recursos, em particular a frota de veículos disponíveis, permita alcançar os objetivos definidos com o menor custo possível.

Com esta dissertação pretende-se desenvolver um modelo de recolha de um recipiente industrial, através da criação de rotas de transporte para efetuar as recolhas desse recipiente após ter sido utilizado pelos clientes, para ser recondicionado e voltar a ser vendido no mercado como recipiente recondicionado.

Assim, utilizando a base de dados de clientes, foi calculada a distância entre todos os clientes, bem como a distância entre todos os clientes e o local onde se faz o recondicionamento para, de seguida, poderem ser calculadas as economias que se obtêm ao agregar dois clientes na mesma rota/veículo de recolha.

Aplicando o *savings method*, a cada cliente foi atribuída uma rota de recolha, definindo-se as rotas de recolha dos recipientes de tal modo que a distância total percorrida seja mínima e a capacidade máxima do veículo não seja excedida. Após terem sido criadas as rotas de recolha, foi criada uma folha de cálculo para cada rota onde, através da ferramenta Solver do Excel, se analisou as várias hipóteses de sequência de visita dos clientes para identificar a que minimiza a distância total percorrida para recolher todos os recipientes dessa rota.

Por fim, realizou-se uma análise comparativa do modo de recolha para efetuar cada rota para avaliar o modo de recolha mais vantajoso, se utilizando um veículo próprio, ou um veículo subcontratado ou o serviço de grupagem, possibilitando a seleção do que envolvia o menor custo.

Concluiu-se que para recolher todos os recipientes ao menor custo e respeitando os requisitos existentes, será necessário fazer a aquisição de um veículo para fazer cinco das dez rotas de recolha, contratar o serviço de um veículo completo a uma empresa de transportes para fazer três rotas de recolha e contratar um serviço de grupagem para as outras duas rotas. Utilizando o modo de recolha certo para cada rota é possível melhorar o resultado financeiro em cerca de 5% sobre a situação atual, o que representa uma melhoria em mais de 130 000 euros.

**Palavras-chave:** Logística inversa; Otimização de rotas de transporte; *Vehicle Routing Problem*; Minimização de custos.



## Abstract

This work was developed at Greif, Inc., an American multinational company, a world leader in the manufacture of industrial containers with 16,000 employees spread over 183 factories in 41 countries, having a sales volume around of 4 billion USD in 2018.

Currently, there is a constant concern with the environmental impact associated with the activities that companies carry out on a daily bases, with constant pressure for companies to value the waste produced, which is why reverse logistics is essential in an organization. An important part of that activity involves the transport of cargo, so it is essential to resort to route planning processes with good performances because the inherent quality of those routes is crucial for the use of resources, in particular the fleet of vehicles available , allowing to achieve the defined objectives at the lowest possible cost.

This dissertation intends to develop a collection system of an industrial container by creating transport routes to collect this product after being used by customers, in order to recondition the product and re-sell it on the market as a refurbished container.

Initially, using the database that contains information about customers, the distance of all customers between them, as well as the distance of all customers to the factory in Cádiz was calculated, so that the savings obtained when adding two customers on the same route/vehicle could then be calculated.

Applying the savings method, a collection route was assigned to each customer, defining the optimal or almost optimal collection routes so that all containers are collected without exceeding the maximum capacity of the vehicle and that in the end the total distance travelled is minimum. After defining which customers to group to create a collection route, a spreadsheet was created for each route where, using the Excel Solver tool, the different collection route orders hypothesis were analysed so that the order that minimizes the total distance covered to collect all containers in that route could be found.

Finally, a comparative analysis was carried out in order to assess which is the best collection method for each route, whether using an own vehicle, using a subcontracted vehicle or using a groupage service, thus achieving the objectives defined with the lowest possible cost.

It was concluded that to collect all the containers at the lowest cost and respecting the existing requirements, it will be necessary to purchase a vehicle to do five of the ten collection routes, use a subcontracted vehicle to do three collection routes and hire a groupage service to collect from 16 customers. Using the right collection method for each route, it is possible to improve the financial result by about 5%, which represents an improvement of more than 130 000 euros.

**Keywords:** Reverse logistics; Optimization of transport routes; Vehicle Routing Problem; Minimization of costs.



# Índice

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura da dissertação .....	3
Capítulo 2 - Enquadramento teórico .....	5
2.1. Logística.....	5
2.2. Evolução da logística .....	5
2.3. Logística de transportes.....	6
2.4. Transporte rodoviário .....	6
2.5. Rotas de transporte ( <i>Vehicle Routing Problem</i> ) .....	8
2.6. Variantes do <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	9
2.6.1. <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> .....	9
2.6.2. <i>Vehicle Routing Problem Time Windows</i> .....	9
2.6.3. <i>Vehicle Routing Problem with Backhauls</i> .....	10
2.6.4. <i>Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows</i> .....	10
2.7. Métodos de resolução do <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	11
2.8. <i>Savings Method</i> .....	11
2.9. Microsoft Excel Solver .....	14
2.10. Síntese .....	14
Capítulo 3 - Caso de estudo.....	15
3.1. Grupo Greif .....	15
3.2. Segmentos de mercado.....	17
3.3. Greif Ibéria .....	17
3.3.1. Greif Póvoa de Santa Iria .....	18
3.3.2. Greif Don Benito .....	18
3.3.3. Greif Martorell.....	19
3.3.4. Greif San Roque.....	19
3.4. Produtos.....	19
3.5. Produto selecionado .....	20
3.6. Mercado e descrição do modelo a conceber .....	21
3.7. Processo de acondicionamento .....	22
3.8. Critérios de aceitação para recolha dos recipientes industriais .....	23
3.9. Clientes - Localização e consumos .....	24
3.10. Análise da sazonalidade .....	26
3.11. Modos de fazer as recolhas.....	27
3.12. Custos associados a cada modo de recolha .....	28
3.13. Condições impostas pelo Cliente A para as recolhas .....	29
3.14. Síntese .....	29

Capítulo 4 – Proposta de modelo de recolha .....	31
4.1. Identificação da matriz das distâncias .....	33
4.2. Identificação da matriz das economias.....	34
4.3. Atribuição dos clientes a rotas/veículos.....	35
4.4. Sequenciação dos clientes numa rota.....	39
4.5. Duração da recolha.....	43
4.6. Custos da recolha .....	44
4.7. Análise comparativa.....	48
4.8. Planeamento das recolhas .....	52
4.9. Procedimento para criação de novos modelos de recolhas .....	53
4.10. Síntese .....	54
Capítulo 5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros .....	57
5.1. Conclusões .....	57
5.2. Limitações .....	60
5.3. Propostas para desenvolvimento futuro .....	60
Referências bibliográficas .....	61
Anexo I – Distância de cada cliente à fábrica de San Roque em quilómetros .....	65
Anexo II – Matriz das distâncias.....	67
Anexo III – Matriz das economias .....	71

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 Produtos produzidos na Greif Ibéria .....	19
Tabela 3.2 Linha de exemplo do conteúdo do ficheiro Excel .....	24
Tabela 3.3 Conteúdo do ficheiro Excel após aplicação do filtro .....	25
Tabela 3.4 Consumos dos clientes R, X, AB e AE nas diferentes estações do ano .....	27
Tabela 4.1 Informações dos clientes selecionados .....	31
Tabela 4.2 Rota 1 e Rota 2 provisórias.....	35
Tabela 4.3 Combinação da Rota 1 com a Rota 2 .....	35
Tabela 4.4 Rota 1 final .....	36
Tabela 4.5 Rotas de recolha obtidas .....	37
Tabela 4.6 Distância total percorrida por rota em cada modo de transporte.....	42
Tabela 4.7 Duração da recolha de cada rota em cada modo de transporte .....	43
Tabela 4.8 Custo por km detalhado de um veículo próprio .....	45
Tabela 4.9 Valores da distância, custo e duração de cada rota com veículo próprio .....	45
Tabela 4.10 Variações do custo médio por quilómetro de acordo com a distância percorrida ..	46
Tabela 4.11 Valores da distância, custo e duração de cada rota com veículo subcontratado ...	46
Tabela 4.12 Valores da distância e custo de cada rota através de grupagem .....	47
Tabela 4.13 Comparação do custo de recolha da rota 1 com cada modo de transporte .....	48
Tabela 4.14 Comparação de custos de recolha de cada rota com cada modo de transporte ...	48
Tabela 4.15 Duração da recolha com veículo próprio das rotas 4, 6, 8, 9 e 10 .....	49
Tabela 4.16 Valores da distância, custo e duração das rotas 4, 6, 8, 9 e 10 com veículo próprio .....	50
Tabela 4.17 Comparação dos custos de recolha com veículo próprio e veículo subcontratado para as rotas 4, 6, 8, 9 e 10 .....	51
Tabela 4.18 Melhor modo de recolha para cada rota .....	51
Tabela 4.19 Horário de recolha com veículo próprio a cada duas semanas.....	52
Tabela 5.1 Resumo da distância, custo e duração da recolha em cada rota .....	58
Tabela 5.2 Melhoria financeira obtida com as rotas de recolha propostas .....	59





## Índice de Figuras

Figura 1.1 Metodologia utilizada .....	2
Figura 2.1 Exemplo de modo de transporte Full Truck Load .....	7
Figura 2.2 Exemplo de modo de transporte Less Than Truck Load.....	8
Figura 2.3 Exemplo de modo de transporte Milk Run / Grupagem.....	8
Figura 2.4 Ilustração do conceito de economia .....	12
Figura 3.1 Barril de madeira produzido pela Greif Fonte: GREIF (2019) .....	15
Figura 3.2 Localização das fábricas da Greif na Península Ibérica.....	18
Figura 3.3 Ciclo de vida do recipiente industrial .....	22
Figura 3.4 Mapa interativo com a localização dos clientes na Península Ibérica.....	25
Figura 3.5 Informações sobre cliente presente no mapa.....	26
Figura 3.6 Consumo trimestral dos clientes R, X, AB e AE .....	27
Figura 4.1 Fórmula GOOGLEMAPS .....	33
Figura 4.2 Distância entre FCT NOVA e NOVA SBE .....	33
Figura 4.3 Transformação da matriz das economias em tabela simplificada .....	34
Figura 4.4 Mapa com os clusters de clientes para cada rota de recolha obtidos por iteração....	38
Figura 4.5 Folha Excel para cálculo da distância total percorrida com veículo próprio antes da aplicação do Solver .....	40
Figura 4.6 Parâmetros do Solver para recolha com veículo próprio.....	40
Figura 4.7 Antes e o depois da aplicação do Solver para veículo próprio.....	41
Figura 4.8 Parâmetros do Solver para recolha com veículo subcontratado .....	41
Figura 4.9 Antes e o depois da aplicação do Solver para veículo subcontratado .....	42
Figura 4.10 Folha Excel de cálculo de custos do serviço de grupagem .....	47
Figura 4.11 Diagrama de Gantt com as 10 rotas de recolha .....	53



## **Abreviaturas**

CEO – *Chief Executive Officer*

CVRP – *Capacitated Vehicle Routing Problem*

FTL – *Full Truck Load*

IBC – *Intermediate Bulk Container*

KDD – *Knock Down Drum*

LTL – *Less Than Truck Load*

MR – *Milk Run*

RI – *Recipiente Industrial*

RIPS – *Recipientes Industriais Rígidos & Serviços*

SR – *San Roque*

VRP – *Vehicle Routing Problem*

VRPB - *Vehicle Routing Problem with Backhauls*

VRPBTW - *Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows*

VRPTW - *Vehicle Routing Problem with Time Windows*



# Capítulo 1 – Introdução

Esta dissertação tem como objetivo desenvolver o modelo de recolha de um recipiente industrial produzido pela Greif, inc, criando rotas de transporte para efetuar essas recolhas em 47 clientes situados na Península Ibérica. No presente capítulo aborda-se o enquadramento da dissertação, os objetivos que se pretendem alcançar, bem como a metodologia aplicada no seu desenvolvimento. Por fim, é apresentada a estrutura geral da dissertação.

## 1.1. Enquadramento

Atualmente existe uma grande consciencialização para as pessoas e as organizações preocuparem-se com o impacto ambiental associado às atividades que executam diariamente. Uma imagem “verde” tornou-se um elemento importante de marketing na medida em que as expectativas dos clientes estimulam as organizações a reduzirem o impacto ambiental dos seus produtos, sendo que uma das formas de reduzir este impacto é valorizando os resíduos produzidos (Neves, 2011).

Com esta constante pressão pela valorização dos resíduos produzidos, a atividade de logística inversa é essencial numa organização, quer por motivos ambientais e de sustentabilidade, quer pelo motivo de negócio, pois com a valorização dos resíduos é possível gerar dinheiro outra vez com o mesmo produto. A logística inversa pode também desempenhar um papel fundamental na diferenciação de uma empresa face à concorrência contribuindo para a fidelização dos clientes, pois a experiência do consumidor é cada vez mais relevante.

O aumento do fluxo dos resíduos no sentido inverso ao do sentido da cadeia de abastecimento convencional, implica um aumento das operações logísticas, fazendo com que para implementar um processo de recolha de resíduos eficiente e eficaz é necessário que as organizações possuam uma estrutura logística apropriada, de forma a gerir corretamente o fluxo de resíduos desde os consumidores até aos produtores (Neves, 2011).

Nas operações logísticas de um processo de recolha de resíduos, um fator importante que as organizações têm em consideração e dão muita importância é a otimização das rotas de transporte para efetuar as recolhas, tentando sempre recolher o máximo possível com o menor custo possível pois, embora a motivação e o objetivo sejam reduzir o impacto ambiental, no final é sempre um negócio e o objetivo é gerar dinheiro, pelo que é muito importante para as organizações terem montado um bom sistema logístico de recolhas.

## 1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo desenvolver o modelo de recolha de um produto, um recipiente industrial produzido pela Greif, inc na sua fábrica de Cádiz em Espanha, nomeadamente com a criação de rotas de transporte para efetuar essas recolhas.

Pretende-se determinar quais são as rotas de transporte que devem ser criadas para recolher de duas em duas semanas todos os recipientes industriais vazios que os clientes tenham na sua posse. Para além da criação das rotas serão propostos três cenários para o modo de recolha, pretendendo-se, assim, decidir qual o modo de recolha mais indicado para cada uma dessas rotas, se utilizando um veículo da Greif, se subcontratando um veículo ou se utilizando o serviço de grupagem solicitado a uma empresa de transportes.

Para a análise de cada cenário é necessário conhecer o sistema logístico da empresa, assim como as características do recipiente industrial e da frota utilizada na comercialização e recolha deste produto.

O recipiente industrial em questão é distribuído por toda a Península Ibérica, pelo que as suas recolhas serão nessa área. Sendo assim, também é necessário ter em consideração a legislação e os custos associados ao transporte aplicados nesta região.

### 1.3. Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento da presente dissertação segue os passos apresentados no fluxograma da figura 1.1.

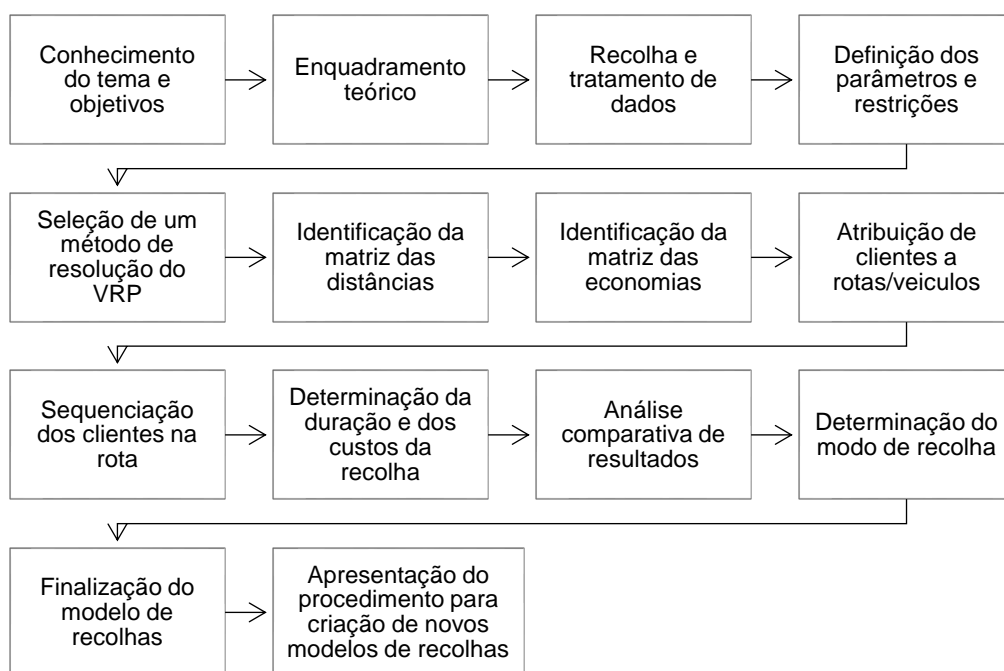


Figura 1.1 Metodologia utilizada

Após o conhecimento do tema e os objetivos pretendidos, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o mesmo. De seguida foi necessário conhecer a estrutura da empresa, as suas características e os dados a utilizar para o desenvolvimento do caso de estudo.

Ao tratar os dados, definir os parâmetros e restrições, selecionou-se o *Savings Method* para a resolução do problema, onde os primeiros passos realizados foram identificar a matriz das

distâncias e a matriz das economias para, de seguida, se atribuir clientes a rotas/veículos, juntando na mesma rota os clientes que contribuem para uma maior economia total.

Seguidamente procedeu-se à sequenciação dos clientes em cada rota de forma a identificar aquela que permite recolher em todos os clientes percorrendo a menor distância possível. Com a determinação da duração e dos custos de recolha de cada rota, realizou-se uma análise comparativa dos resultados de forma a determinar o modo de recolha adequado para cada rota, se utilizando um veículo próprio, se utilizando um veículo subcontratado ou se utilizando o serviço de grupagem.

Por fim, finalizou-se o modelo de recolha realizando um diagrama de Gantt de forma a ser possível visualizar quando cada rota deve ter o seu início e o seu fim, conseguindo reservar os serviços de transporte com antecedência e evitar qualquer tipo de falha no planeamento.

#### **1.4. Estrutura da dissertação**

A dissertação está estruturada em cinco capítulos apresentados da seguinte forma:

No primeiro capítulo é feito o enquadramento do tema em estudo e são apresentados os objetivos e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo é apresentada o enquadramento teórico que foca essencialmente em temas associados à logística de transporte, mais concretamente no *Vehicle Routing Problem* e nos seus métodos de resolução.

No terceiro capítulo é descrita a empresa e é feita a sua evolução histórica e o segmento de mercado onde se insere. São apresentadas as fábricas da Greif Ibéria e caracterizado o produto selecionado e os seus processos de acondicionamento. São caracterizados os clientes em causa tendo em conta a sua localização e consumo bem como as condições impostas para a recolha dos recipientes. Por último, é descrito o modelo a implementar, considerando a sazonalidade, os modos de fazer as recolhas e os custos associados.

No quarto capítulo é descrito como foi realizada a conceção do modelo de recolhas, como foram identificadas as distâncias e economias, como foi feita a atribuição e sequenciação dos clientes às rotas/veículos, é apresentado como foi calculada a duração e o custo associado a cada rota de recolha e, por fim, é feita uma discussão dos resultados obtidos.

No quinto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões do estudo, bem como identificadas algumas limitações e oportunidades de melhoria para trabalho futuro.





## Capítulo 2 - Enquadramento teórico

No presente capítulo será feito um enquadramento teórico com o objetivo de abordar teoricamente conteúdos importantes no desenvolvimento da dissertação, criando assim uma base de conhecimento fundamentada relativamente aos temas de logística de transportes, rotas de transporte e métodos de resolução de problemas de rotas.

### 2.1. Logística

Segundo Chopra & Meindl (2013), logística é o processo de planejar, implementar e controlar de forma eficiente e eficaz todos os processos de transporte e armazenamento de matérias, serviços e toda a informação relacionada desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, de forma a satisfazer os requisitos do cliente. Esta definição inclui movimentos de entrada, saída, internos e externos.

A logística pretende, por conseguinte, garantir a entrega do produto certo, ao cliente certo, na quantidade certa, na condição certa, no local certo, no momento certo, ao custo certo, satisfazendo os objetivos da organização.

A logística tem influência nas organizações, pois geralmente os custos a ela associados podem corresponder a uma proporção significativa dos custos totais da *Supply Chain* incorporados no produto final, afetando assim o custo do produto. Por conseguinte, é muito comum o desenvolvimento de projetos no âmbito da logística cujo objetivo visa a redução de custos e a melhoria de processos.

### 2.2. Evolução da logística

Atualmente a presença de serviços que simplificam o quotidiano são uma realidade, pelo que não se dá a devida importância ao modo como os serviços se desenvolveram e como a logística teve impacto nessa evolução.

O conceito de logística só apareceu no século XIX, mas não sendo reconhecida, já era usada desde o tempo da construção de monumentos históricos com a organização dos recursos e o transporte de materiais para a sua construção e com a criação dos serviços de correio com distribuição de cartas e documentos (Petrache, 2015).

Só depois da primeira guerra mundial é que a logística começou a ganhar relevância, pois para movimentar tropas, armas, veículos de guerra, alimentos e todos os bens necessários para a guerra era necessário planeamento, organização e execução de tarefas logísticas, que envolviam muitas vezes a criação de rotas de transporte para garantir que os recursos e os bens necessários às operações de guerra não faltavam (Petrache, 2015).

Mais tarde, os conceitos aplicados na guerra começaram a ser adotados no mundo dos negócios, pois assim era possível ter um maior controlo dos gastos e identificar oportunidades de redução

de custos, redução nos prazos de entrega e aumentar a qualidade no cumprimento das entregas, levando assim à criação do conceito de logística empresarial.

A logística está em constante evolução, sendo influenciada por fatores políticos, económicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais. Assim, nos dias de hoje, há uma necessidade de evolução, atenção e investimento na cultura empresarial, na gestão da *supply chain* e no melhoramento de processos chave no negócio, desde a produção das matérias-primas até à entrega do produto ao cliente final (Petrache, 2015).

### **2.3. Logística de transportes**

Dentro dos vários ramos da logística, esta dissertação incide na logística de transportes, sendo assim importante definir o que é o transporte, o que, de acordo com Davidsson *et al* (2005) consiste na atividade de movimentar algo desde o ponto A até ao ponto B, por um ou mais modos de transporte, estando a sua gestão incluída nas funções da logística.

As funções logísticas relacionadas com o transporte incluem a seleção do melhor modo de transporte, capaz de transportar a maior quantidade de mercadorias no menor intervalo de tempo e com o menor custo possível, tudo isto garantindo a integridade da carga (Bowersox *et al*, 2007).

Para além de representar a maior parcela dos custos logísticos de uma organização, o transporte tem um papel fundamental no desempenho de prestação de serviços ao cliente.

De acordo com Lourenço (2016) existem maioritariamente quatro tipos de transportes: rodoviário, ferroviário, aéreo e marítimo.

“O transporte rodoviário caracteriza-se por ser um meio rápido, flexível, e de grande cobertura geográfica, no entanto os custos para grandes distâncias são elevados” (Lourenço, 2016)

O transporte ferroviário caracteriza-se por ser um meio rápido mas pouco flexível, é ideal para grandes distâncias e é muito vantajoso para o transporte de cargas pesadas, sobretudo de matérias-primas (Lourenço, 2016).

“O transporte aéreo caracteriza-se por ser um meio muito rápido, que permite pouca capacidade e com elevados custos. Pelos motivos referidos, este meio de transporte é frequentemente utilizado em casos de transportes urgentes” (Lourenço, 2016).

“O transporte marítimo caracteriza-se por ser um meio lento que permite elevadas capacidades e baixo custo por tonelada” (Lourenço, 2016).

### **2.4. Transporte rodoviário**

De entre os vários modos de transporte, o transporte rodoviário é o modo de transporte escolhido para desenvolver o projeto que motivou esta dissertação.

O transporte rodoviário apresenta uma enorme versatilidade quanto aos produtos que pode transportar e a cobertura geográfica onde pode fazê-lo, mas a principal limitação neste modo de transporte é a dimensão máxima da carga que pode transportar.

O modo de transporte rodoviário será o modo de transporte utilizado no desenvolvimento do projeto e o veículo selecionado é o caminhão, pelo que é importante ter uma noção dos três tipos de veículo que estão à disposição, o caminhão normal, o caminhão alto com teto de elevar e o caminhão mega. Todos estes veículos têm um comprimento de carga de 13 metros.

Assim, o importante na escolha do tipo de veículo é a sua altura, pois dependendo do tipo de carga e disposição da mesma dentro do veículo, pode ser necessário ter mais ou menos altura. Com base na altura, os três tipos de veículo podem ser classificados em:

- Camião normal com altura de carga de 2,75 metros;
- Camião alto com teto de elevar com altura de carga de 2,85 metros a 2,95 metros;
- Camião mega com altura de carga de 3 metros.

Os camiões, tal como quaisquer outros veículos utilizados no transporte são organizados em frotas, que podem ser próprias ou subcontratadas. Uma frota subcontratada abre a oportunidade para jogar com o modo de transporte de acordo com a quantidade de carga que é necessário transportar. Assim, podem ser utilizados os seguintes:

A) *Full Truck Load* (FTL), representado na Figura 2.1, que consiste na utilização total de um veículo, carregando-o completamente em apenas um local com a mercadoria a transportar, sendo o custo do transporte inteiramente pago pela entidade que o contratou.



Figura 2.1 Exemplo de modo de transporte *Full Truck Load*

B) *Less Than Truck Load* (LTL), representado na Figura 2.2, que consiste na utilização parcial de um veículo, carregando-o com mercadoria que não é suficiente para completar o veículo, sendo este completo com a mercadoria de outras entidades. As entidades que contrataram o serviço pagam apenas o custo referente ao espaço que a sua mercadoria ocupa no veículo.



Figura 2.2 Exemplo de modo de transporte *Less Than Truck Load*

C) *Milk Run* (MR) ou Grupagem, representado na Figura 2.3, que são serviços de transporte que consistem na utilização total ou parcial de um veículo, carregando-o de mercadoria em vários locais e descarregando apenas no destino final, utilizando sempre o mesmo veículo para fazer todas as recolhas.

No caso do *Milk Run* o custo do veículo é inteiramente pago pela entidade que o contratou, quer utilize todo o espaço de carga disponível ou não. No caso da Grupagem o custo do veículo é repartido por todas as entidades que contrataram o serviço, sendo o custo variável de acordo com o espaço ocupado no veículo.

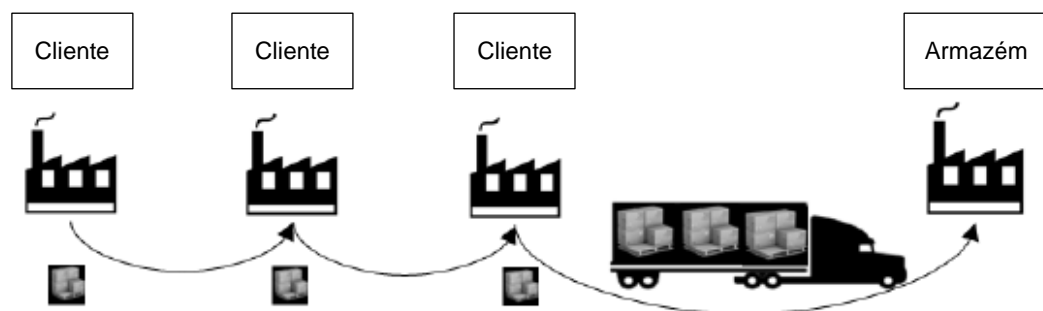


Figura 2.3 Exemplo de modo de transporte *Milk Run* / Grupagem

Estes modos de transporte rodoviário têm vantagens e desvantagens associadas, sendo necessário analisar o que se pretende transportar, como deve ser transportado e qual o custo que implica, de forma a reduzir o risco de se tomar uma decisão menos eficaz ou menos eficiente. Depois de tomada esta decisão podemos então estudar a melhor rota para o transporte.

## 2.5. Rotas de transporte (*Vehicle Routing Problem*)

O *Vehicle Routing Problem* (VRP) é um problema de otimização muito estudado e tem como objetivo obter rotas de transporte de uma frota de veículos para satisfazer um conjunto de clientes (Golden *et al.*, 2008).

Estudado pela primeira vez por Dantzig & Ramser (1959) onde tomando como base uma frota de veículos de distribuição de gasolina, foram estudadas rotas de transporte entre um terminal de carga e um grande número de estações de serviço que eram abastecidas por esse terminal com o objetivo de identificar a forma de atribuir os veículos às estações de serviço a abastecer,

garantindo que as necessidades das estações de serviço eram satisfeitas e a distância percorrida pela frota de veículos nesse abastecimento era mínima.

Três anos mais tarde Clarke & Wright (1962) desenvolveram um método de resolução heurístico do problema que ficou conhecido como *Savings Method*, tendo sido o primeiro método que se tornou amplamente utilizado, pois a abordagem de Dantzig & Ramser (1959) tinha apenas em consideração a distância entre dois clientes numa rota, enquanto Clarke e Wright (1962) alargaram o critério, passando a ter em conta a distância total final percorrida pelo veículo no momento de inclusão de novos clientes na rota.

Com Clarke & Wright a colocação de clientes na rota é feita com o objetivo de minimizar a distância total percorrida pelo veículo, e Dantzig & Ramser têm apenas em consideração o veículo percorrer a menor distância possível entre clientes (Rand, 2009).

Recentemente, tem sido dedicada uma maior atenção a métodos mais complexos do VRP.

## **2.6. Variantes do *Vehicle Routing Problem***

Com base no método de Clarke & Wright (1962), surgiram outros métodos mais complexos do VRP, onde as principais restrições continuam a manter-se, mas outras são adicionadas, eliminadas ou relaxadas, sendo quatro as variantes mais relevantes, nomeadamente, o *Capacitated VRP* (CVRP), o *Time Windows VRP* (VRPTW), o *VRP with Backhauls* (VRPB) e o *VRP with Backhauls and Time Windows* (VRPBTW).

### **2.6.1. *Capacitated Vehicle Routing Problem***

No CVRP todos os clientes correspondem a recolhas/entregas cuja procura é conhecida. Os veículos são todos iguais e só podem estar associados a uma rota. A única restrição existente é a capacidade dos veículos, pelo que é necessário definir uma rota por veículo que permita responder à procura dos clientes, mas em que a soma da procura total associada a cada rota não exceda a capacidade do veículo atribuído à rota (Toth & Vigo, 2002).

O objetivo deste problema consiste em minimizar os custos totais, quer em número de rotas, quer em distância total percorrida e tempo total de viagem, resultando assim num conjunto de regras e condições que fazem com que o CVRP seja a variante mais próxima da realidade onde será aplicado o projeto que motivou esta dissertação.

### **2.6.2. *Vehicle Routing Problem Time Windows***

O VRPTW é uma extensão do CVRP, mas neste caso existe uma restrição adicional que envolve a incorporação de limites temporais para os momentos em que podem ocorrer as visitas dos veículos aos clientes considerados (Toth & Vigo, 2002).

Segundo Toth & Vigo (2002) as janelas temporais podem ser do tipo fixo ou flexível. Do tipo fixo podem ser consideradas as seguintes:

- i) Cada cliente tem uma janela de tempo associada à visita do veículo, isto é, o veículo deve iniciar e concluir o serviço dentro da janela temporal especificada. O veículo pode chegar ao cliente antes do início da janela temporal, mas isso implica que tenha de ficar à espera, inutilizando tempo que podia ser útil para se deslocar para o próximo cliente.
- ii) A cada local a visitar pode também ser associado um tempo de serviço mínimo, implicando assim que o veículo tenha de permanecer nesse local um período de tempo não inferior ao tempo de serviço especificado.

As janelas temporais flexíveis consideram a possibilidade de não cumprir a janela temporal disponibilizada e especificada para o serviço, sendo incorporada uma penalização no valor da função objetivo definida (Toth & Vigo, 2002).

O objetivo do VRPTW consiste em minimizar o número de veículos utilizados, o tempo de viagem total e o tempo de espera que é necessário para satisfazer os clientes dentro da janela temporal definida (Toth & Vigo, 2002).

### **2.6.3. Vehicle Routing Problem with Backhauls**

No VRPB os veículos fazem distribuição e recolha de cargas ao longo da mesma rota. O conjunto de locais onde tem de ser efetuado um serviço divide-se em locais onde é feita exclusivamente distribuição, clientes *linehaul*, e locais onde é feita exclusivamente recolha, clientes *backhaul*. A cada um dos locais está associada uma determinada quantidade de carga a entregar ou recolher (Toth & Vigo, 2002).

Sempre que existam os dois tipos de clientes na mesma rota, todos os clientes *linehaul* devem ser servidos antes dos clientes *backhaul*, não devendo existir qualquer ligação entre os clientes. Nenhuma carga pode ser recolhida num cliente e entregue noutro na mesma rota, pois esta variante não considera a possibilidade de um cliente ser *linehaul* e *backhaul* simultaneamente, sendo assim obrigatório definir a qual dos tipos pertence o cliente (Toth & Vigo, 2002).

### **2.6.4. Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows**

O VRPBTW conjuga os casos do VRPB e do VRPTW. Deve ser usado quando se pretende criar rotas de transporte onde existem dois tipos de clientes, os *linehaul* e os *backhaul*, e onde todos os clientes têm uma janela temporal onde o serviço de entrega e recolha deve ser efetuado. Os veículos que estão disponíveis para realizar o serviço são todos iguais e cada veículo só pode estar associado a uma rota (Toth & Vigo, 2002).

O objetivo deste problema consiste em minimizar os custos totais e para isso é necessário minimizar, não obrigatoriamente em simultâneo:

- O número de rotas;
- O número de veículos utilizados;
- A distância total percorrida;

- O tempo total de viagem;
- O tempo total de espera para efetuar o serviço;
- A distância e o tempo de deslocações em que o veículo não tem carga a bordo.

## **2.7. Métodos de resolução do *Vehicle Routing Problem***

Existem diversas formas de resolver o problema do VRP. De entre os vários métodos desenvolvidos e aplicados ao VRP, podem ser considerados os métodos exatos e os métodos aproximados (heurísticas).

Os métodos exatos permitem identificar uma solução ótima, ou seja, uma solução cujo valor objetivo não é superado por nenhuma outra solução, mas o tempo necessário para obter a solução de um método exato cresce exponencialmente quando a dimensão do problema aumenta, o que pode implicar não ser possível obter resultados em tempo útil. Dependendo da dimensão do problema, estes métodos podem não ser viáveis (Bastos, 2016).

Os métodos aproximados, designados por heurísticas, são uma alternativa aos métodos exatos, pois permitem tempos de execução significativamente inferiores aos que se verificam nos métodos exatos, mas não garantem que seja obtida a solução ótima, ou quando a encontram não existe forma de provar que é ótima. No entanto, a sua aplicação pode conduzir a soluções “boas” em tempo útil (Bastos, 2016).

Os métodos aproximados enquadram-se melhor nas necessidades de uma empresa, onde é necessário tomar decisões em pouco tempo com base na informação disponível no momento. Geralmente, não é possível para uma empresa aguardar um tempo considerável para obter uma solução que só é ligeiramente melhor quando determinado por um método exato, sendo mais interessante e eficiente obter resultados quase imediatos próximos da solução ótima (Guerreiro, 2009).

Dado o projeto estar inserido num ambiente empresarial real, poderá ser mais interessante analisar métodos aproximados, tendo sempre em mente a possibilidade de utilizar um método exato se a solução encontrada pelos métodos aproximados não for suficiente para as expectativas da empresa.

## **2.8. *Savings Method***

O *Savings Method*, desenvolvido por Clarke e Wright (1962) é baseado na noção de economia. É um método iterativo que permite obter rapidamente a identificação de uma rota ótima, ou quase ótima, onde se deseja alocar cargas a veículos para que toda a mercadoria seja atribuída sem exceder a capacidade do veículo e que a distância total percorrida seja mínima. O objetivo é determinar se é mais vantajoso combinar dois clientes na mesma rota, ou se é mais vantajoso colocá-los em duas rotas diferentes (Murata & Itai, 2008).

O nome *Savings Method* vem do conceito básico de economia, que expressa a poupança que se obtém com a união de duas rotas em apenas uma rota, conforme ilustrado na Figura 2.4, onde o ponto “A” representa o armazém e os pontos “a” e “b” dois clientes.

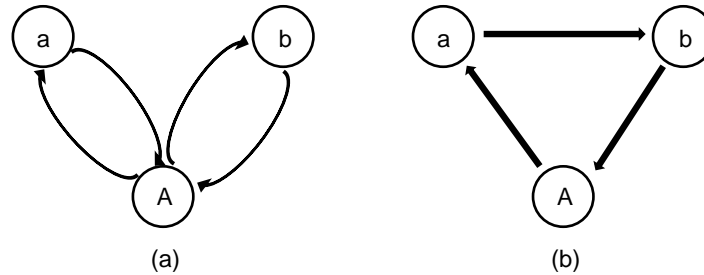


Figura 2.4 Ilustração do conceito de economia

Inicialmente, na Figura 2.4 (a), os clientes a e b estão colocados em rotas separadas. Uma alternativa será colocar os dois clientes na mesma rota, por exemplo, na sequência a-b, como ilustrado na Figura 2.4 (b). O custo associado será a distância total percorrida para executar a rota de transporte, e como as distâncias entre cada ponto da rota são possíveis de calcular, a economia resultante da execução de apenas uma rota em vez das duas pode ser calculada.

O custo total de transporte, ou seja, o custo por quilômetro multiplicado pela distância total percorrida para executar o transporte como na Figura 2.4 (a) será determinada de acordo com a equação (1.1).

$$C_a = C_{A-a} + C_{a-A} + C_{A-b} + C_{b-A} \quad (1.1)$$

O custo total de transporte, ou seja, o custo por quilômetro multiplicado pela distância total percorrida para executar o transporte como na Figura 2.4 (b) será determinada de acordo com a equação (1.2).

$$C_b = C_{A-a} + C_{a-b} + C_{b-A} \quad (1.2)$$

A economia que se obtém ao juntar os dois clientes na mesma rota será determinada de acordo com a equação (1.3).

$$S_{ab} = C_a - C_b = C_{a-A} + C_{A-b} - C_{a-b} \quad (1.3)$$

Valores elevados de  $S_{ab}$  indicam que será atrativo colocar os dois clientes na mesma rota.

A equação generalizada para o cálculo das economias é a equação (1.4).

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad (1.4)$$

O passo precedente à aplicação do *Savings Method* será calcular as distâncias de todos os pontos para todos os pontos que estarão em consideração na criação de rotas de transporte, isto é, a distância de todos os clientes entre todos os clientes, bem como a distância de todos os clientes ao armazém considerado. Para facilitar a organização e mais tarde a aplicação do



*Savings Method* todas essas distâncias deverão ser colocadas numa matriz, designada de matriz das distâncias.

Existem duas versões para a execução do *Savings Method*, uma versão sequencial e uma paralela. Na versão sequencial, é construída uma rota de cada vez (exceto rotas com apenas um cliente), enquanto na versão paralela podem ser contruídas mais do que uma rota de cada vez (Lysgaard, 1997).

A cada cliente  $i$  é atribuída uma rota, inicialmente todas as rotas serão  $(0, i, 0)$  e através do *Savings Method* as rotas serão agrupadas usando o critério da economia. Qualquer cliente  $j$  poderá ser inserido na rota  $(0, i, 0)$  desde que as restrições do problema não sejam violadas (Toth & Vigo, 2002).

O primeiro passo do *Savings Method* é comum às duas versões de execução e consiste em criar a matriz das economias, calculando todas as economias para todos os pares de clientes através da equação 1.4, e uma vez calculadas, ordená-las de forma decrescente numa “lista de economias” (Toth & Vigo, 2002).

Na versão paralela, o segundo passo será: começando pelo topo da lista de economias e para cada economia  $S_{ij}$  agrupar os clientes  $i$  e  $j$  na mesma rota, passando a ter a rota  $(0, i, j, 0)$  e eliminando as rotas  $(0, i, 0)$  e  $(0, j, 0)$ , isto é, se o agrupar de rotas não violar nenhuma das restrições do problema, sendo sempre importante garantir que a soma das necessidades de todos os clientes presentes na rota não excedem a capacidade do veículo alocado a essa rota. O método será terminado quando não for possível agrupar mais rotas (Toth & Vigo, 2002).

Na versão sequencial, no segundo passo devemos considerar como base uma rota  $(0, i, j, 0)$ , de preferência a que conduza a uma maior economia e inserir na rota clientes individualmente. Por muito elevada que seja a economia  $S_{ab}$  não poderemos inserir os clientes “a” e “b” na rota  $(0, i, j, 0)$  de uma só vez, teremos de inserir os clientes individualmente considerando  $S_{ia}/S_{ja}$  e  $S_{ib}/S_{jb}$  (Toth & Vigo, 2002).

Começando pelo topo da lista de economias, devemos considerar a economia  $S_{ia}$  ou  $S_{ja}$  de forma a testar a possibilidade de o cliente “a” ser integrado na rota  $(0, i, j, 0)$ . Se a integração do cliente “a” na rota não violar nenhuma restrição do problema, passaremos a ter a rota  $(0, a, i, j, 0)$  ou  $(0, i, j, a, 0)$  dependendo de qual economia ( $S_{ia}$  ou  $S_{ja}$ ) conduz a uma maior economia total. Devemos continuar o método até que não seja possível agrupar mais nenhum cliente na rota, aí devemos considerar a próxima rota e aplicar o mesmo processo (Toth & Vigo, 2002).

Geralmente não é especificado qual a versão que se está a considerar pois ambas devolvem um bom resultado, mas de acordo com os resultados obtidos no estudo “*Computational comparison of two implementations of the Clarke and Wright algorithm*” realizado por Christofides, Mingoizzi e Toth em 1979, a versão paralela do *Savings Method* obtém resultados claramente superiores aos da versão sequencial.

Uma desvantagem do *Savings Method* é o facto de haver uma tendência para no início criar boas rotas, mas à medida que o número de rotas criadas vai aumentando, essas rotas tendem a ser cada vez menos atraentes (Toth & Vigo, 2002).

## 2.9. Microsoft Excel Solver

O *Solver* é uma ferramenta do *Microsoft Excel* que é utilizado para encontrar um valor otimizado (máximo ou mínimo) para uma fórmula numa célula, chamada de célula objetivo, tendo em conta as restrições ou limites inseridos nas células restrição. O *Solver* funciona com um grupo de células, denominadas de células de variáveis e que são utilizadas no cálculo de fórmulas nas células objetivo e de restrição. O *Solver* ajusta os valores nas células de variáveis para satisfazer os limites das células restrição e produzir o resultado pretendido para a célula objetivo (Microsoft, 2020).

Esta ferramenta permite resolver problemas lineares e não lineares sem ser necessário saber nenhuma linguagem de programação, pelo que é uma ferramenta poderosa para a resolução de *Vehicle Routing Problems*.

## 2.10. Síntese

Tendo em conta o tema em questão, optou-se por fazer uma breve abordagem ao conceito de logística e a sua evolução, em particular à logística de transportes, onde foi feita uma análise aos modos de transporte, salientando o modo de transporte rodoviário. Por fim, foi apresentado o *Vehicle Routing Problem*, as suas variantes e um método de resolução que aliado ao *Excel Solver* será a base para atingir os objetivos do caso de estudo.

O método de resolução apresentado é o *Savings Method*, desenvolvido por Clarke e Wright (1962). É um método iterativo, baseado na noção de economia, que permite criar rotas, alocando cargas a veículos para que toda a mercadoria seja atribuída sem exceder a capacidade do veículo. Para isso é necessário calcular a distância de todos os clientes entre todos os clientes, bem como a distância de todos os clientes ao armazém considerado. Inicialmente todos os clientes são colocados em rotas separadas e, utilizando o método iterativo, os clientes que conduzem a uma maior economia são agrupados na mesma rota de forma a que a distância total percorrida seja mínima.

A análise do enquadramento teórico permite reunir algumas noções importantes para uma melhor e mais alargada compreensão dos assuntos tratados no caso de estudo.

## Capítulo 3 - Caso de estudo

Neste capítulo é descrita a empresa onde se desenvolve o presente caso de estudo. É efetuado um resumo breve da história do grupo Greif bem como da posição da Greif Ibéria no grupo. São analisados os produtos produzidos pela Greif Ibéria e mais detalhadamente o produto envolvido no caso de estudo. Pretende-se, assim, fazer o enquadramento do caso de estudo antes de se avançar para a conceção e análise do modelo de recolha e transporte proposto.

### 3.1. Grupo Greif

A Greif, Inc é uma empresa multinacional americana que começou por fabricar barris, mas atualmente está focada na produção de embalagens e recipientes industriais.

A Greif foi fundada por William Greif e Albert Vanderwyst em 1877, na cidade de Cleveland, Ohio, nos Estados Unidos da América, com o nome “Vanderwyst and Greif” (Greif, 2019).

Em 1882 com a morte de Albert Vanderwyst, três irmãos da família Greif entram no negócio, passando a empresa a ser denominada de Greif Bros. Company e focando-se na tanoaria para o transporte de mercadorias pós-Guerra Civil. Devido ao rápido crescimento do negócio, a empresa adquiriu cerca de 300 000 hectares de terra para exploração madeireira, cuja madeira era usada como matéria-prima na produção do seu produto, demonstrado na Figura 3.1, tornando-se em 1908 na maior empresa de tanoaria a nível mundial (Greif, 2019).



Figura 3.1 Barril de madeira produzido pela Greif  
Fonte: GREIF (2019)

Em 1923 é fabricado o primeiro bidon de aço, que ainda hoje faz parte do portfólio de produtos produzidos pela Greif. Durante a segunda guerra mundial verificou-se uma grande procura por recipientes mais leves, levando a Greif a experimentar produzir tambores de fibra, adquirindo uma empresa produtora de materiais em fibra, fazendo renascer e relançar-se no negócio da produção de barris em fibra (Greif, 2019).

Em 1951 a sede da empresa é transferida de Cleveland para a localização atual em Delaware, Ohio, Estados Unidos da América, onde sob a liderança de John C. Dempsey, a empresa faz a transição da tanoaria para a produção de recipientes de fibra, aço, plástico e papelão (Greif, 2019).

O crescimento do mercado e o desenvolvimento dos produtos da empresa resultaram na aquisição de várias empresas, bem como de tecnologia industrial como a moldagem por sopro,

criando alterações no processo de fabricação dos bidons de aço e fibra, permitindo uma linha de produção totalmente nova para a Greif, mais rápida e eficiente. A aquisição de empresas de produção de papel industrial contribuiu para uma forte entrada da Greif no negócio dos recipientes de papelão, contribuindo para que em 1980 a empresa possuísse aproximadamente 100 fábricas nos Estados Unidos da América e no Canadá (Greif, 2019).

Em 1994 Michael J. Gasser sucede a Jack Dempsey como CEO, levando a Greif a expandir-se rapidamente com a aquisição da Kyowya Corrugated Container Co. e da Sonoco Products Company, empresas Norte-Americanas que fazem com que a Greif passe a ser a líder norte-americana no negócio dos recipientes industriais (Greif, 2019).

A Greif era uma empresa com sucesso, mas relativamente pequena em termos mundiais devido aos seus negócios serem exclusivos à América do Norte. No entanto, em 2001, com a compra da Van Leer Industrial, uma empresa com sede na Holanda e mercado europeu, que já produzia bidons de aço, fibra e plástico, a Greif duplicou a sua dimensão, passando a ter presença nos EUA e na Europa (Greif, 2019).

Com a compra da Van Leer Industrial, a fábrica da Póvoa de Santa Iria passa a ser do grupo Greif. É também nesta altura que a Greif altera a denominação para Greif, Inc., estabelecendo assim uma nova marca global, cotada na New York Stock Exchange desde 2002 (Greif, 2019).

Em 2010, a Greif dá mais um passo visionário e adquire os três principais produtores de *Intermediate Bulk Containers* (IBC) bem como a maior empresa na indústria dos IBC's, a Storsack, compondo assim o segmento de mercado da Greif na área dos Produtos Flexíveis & Serviços (Greif, 2019).

No mesmo ano a Greif entra na indústria de acondicionamento de embalagens industriais rígidas na América do Norte ao estabelecer o *Container Life Cycle Management System* e em 2011, torna-se global com a aquisição da Pack2pack, uma empresa sediada na Europa. A Greif consolida assim, juntamente com outras empresas independentes da rede, o EarthMinded™ Life Cycle Services, o maior negócio mundial de acondicionamento de embalagens industriais (Greif, 2019).

Em fevereiro de 2019, a Greif adquire a Caraustar Industries, líder na fabricação de materiais reciclados e produtos de papel de alta qualidade, com fábricas nos Estados Unidos da América e no Canadá, diversificando, mais uma vez, os seus ramos de negócio (Greif, 2019).

Atualmente, a Greif é líder mundial em produtos e serviços na área de embalagens industriais. Produz recipientes de aço, plástico e fibra, embalagens flexíveis e onduladas, embalagens de cartão, acessórios para embalagens, e fornece serviços de mistura, enchimento e embalagem para diversas indústrias (Greif, 2019).

Possui 17 mil funcionários dispersos por 290 unidades operacionais em 43 países, estando assim posicionada para satisfazer clientes globais e regionais (Greif, 2019).

### 3.2. Segmentos de mercado

A Greif intervém em quatro áreas foco, nomeadamente:

- Recipientes Industriais Rígidos & Serviços;
- Recipientes Flexíveis & Serviços;
- Recipientes de Papel;
- Gestão de Terra.

Na área de Recipientes Industriais Rígidos & Serviços (RIPS) é líder mundial do setor com operações comerciais em mais de 50 países. Fornece uma linha completa de Recipientes de fibra, aço e plástico, Bulk Containers, tampas, acessórios para embalagens e garrações de água plásticos, atendendo a uma variedade de indústrias, como a automóvel, alimentar, engarrafamento de água e bebidas, produtos industriais, mineração, óleos, lubrificantes, petróleo, produtos farmacêuticos e agroquímicos, tintas e produtos de limpeza (Greif, 2019).

A área de Recipientes Flexíveis & Serviços proporciona produtos e serviços inovadores de alta qualidade, como contentores flexíveis para granel, sacos de transporte, sacos multicamadas para utilização em mercados semelhantes aos dos recipientes rígidos, com presença significativa nas indústrias agrícolas e alimentares: sementes, fertilizantes, produtos químicos, cimento, alimentos para animais, carvão vegetal, sal, produtos de construção e indústrias de alimentos (Greif, 2019).

A área de Recipientes de Papel produz recipientes de papelão ondulado, recipientes a granel, e recipientes de papelão reciclado. Além disso, fornece o serviço de *design* completo dos recipientes incluindo a sua criação, teste e impressão a cores. Esta área satisfaz uma variedade de indústrias como a agrícola, automóvel, cerâmica, alimentar, mobiliária, produtos para a casa e para a sua construção, produtos industriais e farmacêuticos (Greif, 2019).

Nas suas propriedades nos Estados Unidos da América e no Canada, a área da Gestão de Terra gere e produz madeira, utilizando técnicas intensivas de regeneração para manter um fornecimento contínuo de madeira e proteger a terra da erosão, sendo muito ativos e atentos à conservação das suas propriedade (Greif, 2019).

### 3.3. Greif Ibéria

A Greif Ibéria é constituída por quatro fábricas, uma em Portugal e três em Espanha que estão representadas na Figura 3.2.

Em Portugal a fábrica localiza-se na Póvoa de Santa Iria, em Lisboa.

Em Espanha as fábricas localizam-se:

- Em Martorell, Barcelona
- Em San Roque, Cádiz

- Em Don Benito, Badajoz.

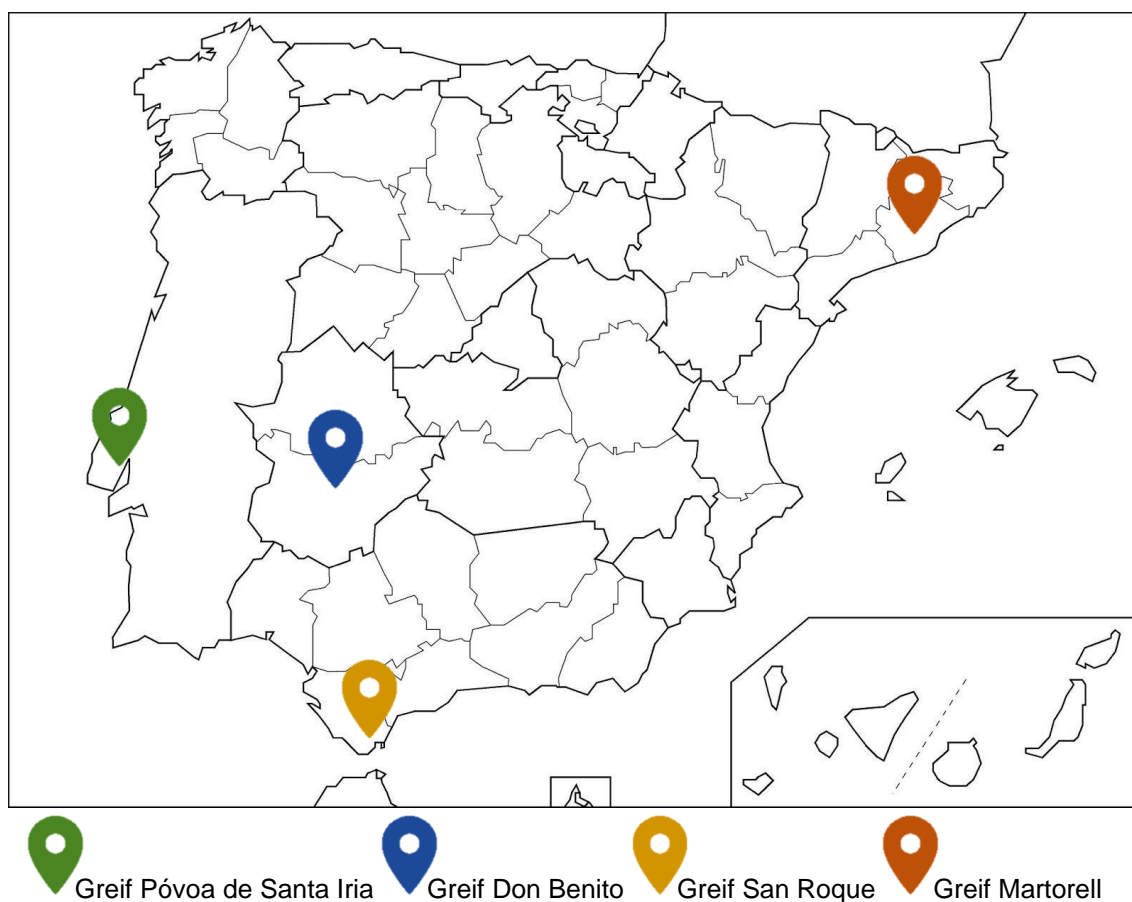


Figura 3.2 Localização das fábricas da Greif na Península Ibérica

### 3.3.1. Greif Póvoa de Santa Iria

A fábrica da Póvoa de Santa Iria foi inaugurada em 1940, mas só em 2001, quando a Greif, Inc adquire a Van Leer Industrial passou a ser Greif Portugal.

Sendo responsável por cerca de 60% da produção Ibérica, a fábrica da Póvoa de Santa Iria é o pilar da Greif Ibérica, dispondo de duas linhas de produção principais, uma de recipientes cilíndricos e outra de recipientes cónicos, tanto novos como reconicionados. Tem aproximadamente 70 colaboradores e serve toda a região oeste da Península Ibérica.

### 3.3.2. Greif Don Benito

Construída de raiz com um investimento de 10 milhões de euros e inaugurada em 2017, a fábrica de Don Benito foi criada para aliviar a fábrica da Póvoa de Santa Iria e ajudar a Greif Ibérica a dar resposta a todos os pedidos que recebe diariamente.

Contando com apenas 5 colaboradores, é uma fábrica com 9000m<sup>2</sup> que dispõe de uma linha automatizada de produção de recipientes cónicos novos, servindo todos os clientes de concentrado de tomate na zona da Extremadura e Andaluzia.

### 3.3.3. Greif Martorell

A fábrica de Martorell foi inaugurada em 1974, passando para o grupo da Greif em 2006 com a aquisição da Blagden Packaging.

Com aproximadamente 50 colaboradores, dispõe de uma linha de produção de recipientes cilíndricos e serve toda a região este da Península Ibérica.

### 3.3.4. Greif San Roque

A fábrica de San Roque, inaugurada em 1989, passou também para o grupo Greif em 2006 com a aquisição da Blagden Packaging.

A fábrica, que tinha apenas uma linha de produção de recipientes cilíndricos, era completamente manual e obsoleta, tanto na sua construção como na sua maquinaria. Com um investimento de quase 10 milhões de euros em 2018, foi totalmente modernizada passando a ter um edifício completamente novo e duas linhas de produção novas, uma de recipientes cilíndricos e outra de *Intermediate Bulk Containers*.


A fábrica passou a estar equipada com a mais moderna tecnologia de produção de recipientes industriais, com uma linha totalmente automatizada que garante a produção e o fornecimento ininterruptos de RIs.

Em 2019, a fábrica de San Roque recebe uma terceira linha, desta vez de lavagem de RIs, um processo em expansão no grupo Greif que pretende lavar os RIs que são recolhidos nos clientes, para que fiquem em condições de serem de novo colocados no mercado a um preço mais reduzido, contribuindo assim para a reutilização de materiais e extensão da vida útil do produto.

## 3.4. Produtos

A Greif Ibéria produz 6 produtos para o mercado de Recipientes Industriais Rígidos & Serviços (RIPS). Na Tabela 3.1 são apresentados os produtos juntamente com a respetiva figura e uma descrição sucinta.

Tabela 3.1 Produtos produzidos na Greif Ibéria

Produto	Descrição
	<p>Tight Head Cilíndrico</p> <p>Capacidade varia entre 200 L e 220 L, dependendo do modelo</p> <p>Fechado no topo, sem tampa amovível</p> <p>Utilizado para armazenar líquidos</p> <p>Paletizados a 4, 8, 10 ou 12 unidades</p>

Produto	Descrição
	<p>Open Head Cilíndrico</p> <p>Capacidade varia entre 200 L e 220 L, dependendo do modelo</p> <p>Aberto no topo, com tampa amovível metálica</p> <p>Utilizado para armazenar líquidos e sólidos</p> <p>Paletizados a 4, 8, 10 ou 12 unidades</p>
	<p>Open Head Cónico</p> <p>Capacidade de 220 L</p> <p>Aberto no topo, com tampa amovível metálica ou plástica</p> <p>Utilizado para armazenar sólidos</p> <p>Paletizados a 92 ou 100 unidades</p>
	<p>Open Head Cónico Recondicionado</p> <p>Capacidade de 220 L</p> <p>Aberto no topo, com tampa amovível metálica ou plástica</p> <p>Utilizado para armazenar sólidos</p> <p>Paletizados a 92 ou 100 unidades</p>
	<p>Knock Down Drum (KDD)</p> <p>Capacidade de 208 L</p> <p>Fechado ou aberto no topo</p> <p>Utilizado para armazenar líquidos e sólidos</p> <p>Paletizados a 66 unidades</p>
	<p>Intermediate Bulk Container (IBC)</p> <p>Capacidade de 1000 L</p> <p>Aberto no topo, com tampa amovível plástica</p> <p>Utilizado para armazenar líquidos</p> <p>Paletizado a 1 unidade, sendo sobreponíveis</p>

### 3.5. Produto selecionado

O produto selecionado para o desenvolvimento desta dissertação é um recipiente industrial fabricado na Greif Spain.

Por motivos de confidencialidade ao longo do resto da dissertação o produto selecionado será referenciado como recipiente industrial, utilizando a abreviatura RI.



Este recipiente industrial (RI) é maioritariamente utilizado para transportar líquidos devido ao volume que consegue conter. É muito utilizado para guardar e transportar produtos químicos, solventes, produtos farmacêuticos, líquidos, produtos alimentares, areia e grãos. A maioria dos RIs produzidos pela Greif são utilizados para óleos hidráulicos, anticongelantes e azeites para consumo alimentar.

Estes RI é composto maioritariamente por três partes: a base, o corpo e o recipiente interior:

- A base é uma parte muito importante do RI pois é o que permite ao RI ser facilmente transportado. A base pode ser de três tipos diferentes, dependendo do produto que irá conter e da utilização que terá durante a sua vida útil.
- O corpo é composto por aço galvanizados que é cortado, dobrado e soldado de forma a criar um corpo robusto, capaz de proteger o recipiente de colisões. Está diretamente conectado à base.
- O recipiente interior contém dois orifícios para entrada e saída de produto. É composto por polietileno de alta densidade e é desenhado de forma a encaixar perfeitamente dentro do corpo para que não haja nenhum movimento do recipiente. No caso dos recipientes fabricados na Greif Spain, o recipiente foi desenvolvido de forma a poder encaixar de uma forma firme em todos os tipos de corpo existentes no mercado.

Para complementar o RI, os dois orifícios de entrada e saída de produto levam uma tampa, de forma a impedir a saída indesejada de qualquer produto que esteja no interior do recipiente.

### **3.6. Mercado e descrição do modelo a conceber**

Dentro da Península Ibérica a Greif tem vários clientes de RIs que são fornecidos a partir da fábrica de San Roque, Cádiz. O maior cliente de RIs, o Cliente A, localiza-se na proximidade das instalações da Greif San Roque, local que foi estrategicamente pensado para as instalações devido à existência deste grande cliente. Deste modo, os custos de transporte são reduzidos, e a Greif consegue assim ser mais forte do que a concorrência e ser o fornecedor exclusivo de RIs para o Cliente A.

O Cliente A utiliza RIs novos para encher com óleo hidráulico e óleo de motor, os quais vende aos seus clientes. Normalmente vende apenas o produto que se encontra dentro do RI, ou seja, o RI continua a ser propriedade do Cliente A na maior parte dos casos (há certos clientes que comprem também o RI). Atualmente fica ao critério de cada cliente do Cliente A o que fazer com os RIs depois de consumirem o produto no seu interior. Alguns reutilizam o RI com outros produtos, outros destroem os RIs e outros ainda contratam empresas de reciclagem para recolherem os RIs e reciclarem-nos.

O Cliente A pretende começar a utilizar RIs recondicionados, ou seja, RIs em que o produto que continham foi consumido, sendo o RI recolhido, recondicionado, re-enchido e de novo fornecido aos clientes com produto. Desta forma, é possível ao Cliente A baixar os preços dos seus

produtos, oferecer um produto mais competitivo para o mercado e, em simultâneo, contribuir para um meio ambiente mais ecológico.

Na Figura 3.3 está representado o ciclo de vida do RI, onde os processos de cor verde representam os processos da Greif, os cor-de-laranja os do Cliente A, o azul o dos clientes do Cliente A e o cinzento o de uma empresa externa contratada pela Greif.



Figura 3.3 Ciclo de vida do recipiente industrial

A Greif produz o RI novo, fornece-o ao Cliente A que coloca o produto no seu interior e fornece-o ao seu cliente final que, após a utilização desse produto, informa a Greif para recolher o RI. Após a recolha, a Greif recondiciona-o e volta a fornecê-lo ao Cliente A para nova utilização. Esta operação está associada à logística inversa, dado que existe um fluxo de materiais no sentido do cliente final para a empresa produtora, e visa o reaproveitamento do produto, sendo inserido novamente na cadeia de abastecimento da empresa.

### 3.7. Processo de recondicionamento

Os RIs que foram recolhidos nos clientes são sujeitos nas instalações da Greif San Roque a uma pré-avaliação onde são avaliadas as suas condições de conservação, nomeadamente o estado do corpo e da base e são procurados furos ou rasgões visíveis no recipiente interior.

Dependendo do resultado da pré-avaliação, são identificadas as necessidades de recondicionamento do RI, sendo tomada a decisão do modo de fazer o recondicionamento, se lavando ou se substituindo o recipiente interior.

A lavagem de um RI consiste na lavagem interior do recipiente bem como da lavagem exterior. O *rebotting* de um RI consiste na substituição do recipiente interior antigo por um novo, bem como da lavagem exterior do RI. Este modo de recondicionamento é muito utilizado quando o recipiente interior está danificado, furado ou a sua cor se encontra demasiado alterada, não cumprindo com os parâmetros de qualidade de uma RI recondicionado.

A lavagem de um RI consiste em dois processos numa linha de lavagem. O primeiro consiste em inserir um braço de uma máquina na entrada superior do RI que através de um movimento vertical com um jato de água e sabão percorre toda a altura interior da RI, garantindo que todo o interior seja lavado. De seguida, o RI é submetido ao processo de secagem, onde outro braço da máquina entra pela entrada superior do RI e que, através de um movimento vertical com um jato de ar quente percorre toda a altura do interior do RI, garantido que todo o interior fique seco.

No caso de ser feita a substituição do recipiente interior, o RI é colocado noutra linha onde um operador retira o recipiente interior usado e coloca manualmente um novo. O recipiente interior usado é levado para a zona de destruição onde é desfeito em pequenos pedaços para posteriormente serem vendidos a um reciclador e, assim, terem uma nova vida.

De seguida, o recipiente interior quer tenha sido sujeito ao processo de lavagem quer seja novo, é sujeito a um teste de estanquidade com o objetivo de detetar alguma anomalia, como furos ou a sua capacidade de contenção, garantindo assim o seu perfeito funcionamento.

Por fim, é colocado no RI um autocolante que permite distinguir rapidamente se o RI foi recondicionado através da lavagem ou através da troca de recipiente interior.

### **3.8. Critérios de aceitação para recolha dos recipientes industriais**

A Greif Ibéria fornece em exclusivo o serviço de recondicionamento de RIs ao Cliente A. Nesse serviço está incluído:

- i) A recolha dos RIs nos clientes do Cliente A;
- ii) O recondicionamento dos RIs nas instalações da Greif;
- iii) O fornecimento desses RIs recondicionados ao Cliente A.

Todos os clientes do Cliente A consomem óleo hidráulico ou óleo de motor pelo que a Greif só recolhe RIs que tenham contido anteriormente um desses dois tipos de produto. Estes produtos são maioritariamente utilizados em oficinas, fábricas e terminais terrestres ou fluviais, sendo que, neste último caso, o RI é utilizado apenas para transporte do produto. O RI sai com o produto da fábrica do Cliente A, é transportado até ao terminal fluvial, onde bombeiam o produto para dentro dos barcos, ficando assim vazio e pronto a recolher.

Os RIs para óleo hidráulico ou óleo de motor têm características únicas que os diferenciam dos outros tipos de RIs, sendo assim facilmente distinguíveis. A Greif irá recolher todos os RIs que cumpram os seguintes critérios:

- Tenham contido unicamente óleo hidráulico ou óleo de motor do Cliente A;
- Estejam num estado geral de conservação aceitável, que seja possível recondicionar;
- Estejam vazios, podendo conter apenas alguns restos de óleo que, por vezes, são muito difíceis de escorrer.

Sempre que existe um pedido para a recolha de RIs, a Greif relembra os clientes dos critérios de aceitação para recolha, que por vezes não são cumpridos, chegando às instalações RIs que o Cliente A não aceita. Nestes casos, os RIs são vendidos a recicladores parceiros que se encarregam de o recondicionar e vender aos seus próprios clientes. Desta forma, a Greif não tem custo em destruí-los e o RI tem uma nova vida.

### 3.9. Clientes - Localização e consumos

Para a Greif fornecer o serviço de recondicionamento de RIs ao Cliente A, é necessário recolher os RIs nos clientes do Cliente A e para isso é necessário obter informações dos clientes do Cliente A, como nome, número de identificação fiscal, localização e consumo de RIs. Essas informações foram fornecidas à Greif pelo Cliente A, através de um ficheiro Excel.

A Tabela 3.2 contém os campos e uma linha de exemplo do ficheiro Excel.

Tabela 3.2 Linha de exemplo do conteúdo do ficheiro Excel

NIF	Cliente	Nome destino	Região	População	Rua	Unidades de RIs entregues	Data entrega
B322.	<Cliente>	<Nome>	León	Benuza	<Rua>	35	<Data>

A informação foi analisada e tratada de forma a obter uma tabela simples com a informação da localização e consumo de RIs de cada cliente. Por motivos de confidencialidade a identificação dos clientes foi alterada para um Nome de código e a sua morada omitida.

O ficheiro Excel original continha informações de todas as entregas feitas pelo Cliente A aos seus clientes entre janeiro e setembro de 2019. Contando com mais de 1500 clientes, em que os consumos de RIs, ao longo dos nove meses, variavam entre 1 RI e 925 RIs. Para reduzir a dimensão do problema, os clientes que tiveram um consumo de RIs entre janeiro e setembro de 2019 inferior a 50 unidades foram retirados do ficheiro Excel. O critério para reduzir a dimensão do problema foi a capacidade do veículo, ou seja, todos os clientes que consomem menos de um veículo por ano foram retirados do ficheiro Excel.

Com a aplicação deste filtro, o ficheiro Excel passou a ter um total de 47 clientes para analisar. Os campos do ficheiro Excel foram também alterados, passando a ser como os da Tabela 3.3:

Tabela 3.3 Conteúdo do ficheiro Excel após aplicação do filtro

Nome código	Consumo 9 meses (em unidades)	Região	Morada
B	437	Cádiz	Morada
...	...	...	...
EG	24	Burgos	Morada

As linhas estão ordenadas por ordem alfabética, de acordo com o nome original do cliente, que aqui se apresentam em nome de código.

Através da ferramenta BatchGeo, a informação contida na Tabela 3.3 em formato de texto foi transformada na Figura 3.4, onde se pode visualizar geograficamente os clientes na península Ibérica.

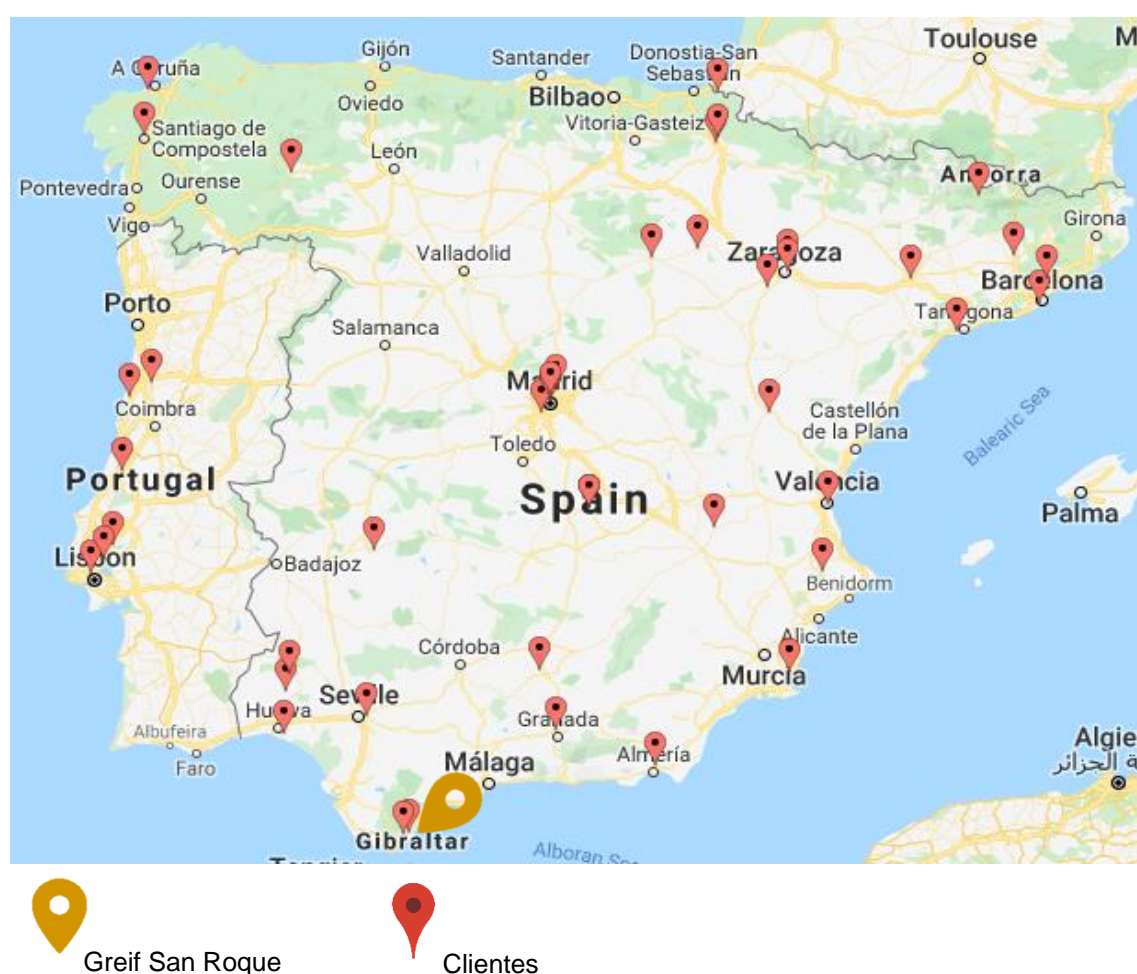


Figura 3.4 Mapa interativo com a localização dos clientes na Península Ibérica

As regiões onde se localizam os clientes com o maior consumo entre janeiro e setembro de 2019, são as regiões de Madrid, Barcelona, Valencia e Andaluzia, e por isso são as mais relevantes para o estudo.

Como se pode visualizar na Figura 3.5, ao clicar em cada um dos pins de localização surge uma caixa de texto contendo informações desse cliente, como nome de código, morada e consumo

de RIs entre janeiro e setembro de 2019, tornando assim a análise do mapa mais dinâmica e visual, contendo toda a informação que está presente no ficheiro Excel.

Através da informação dos clientes contida no mapa conseguiu-se fazer uma estimativa das quantidades a recolher e em que regiões, ajudando a perceber quais são os locais estratégicos onde devemos ter parceiros de acondicionamento e de transporte, com o objetivo de dar resposta às solicitações de recolha o mais rapidamente possível, ao menor custo de recolha possível.



Figura 3.5 Informações sobre cliente presente no mapa

De forma a dar uma resposta rápida aos pedidos de recolha, é importante perceber como vão variar esses pedidos e se irá haver algum período de tempo em que as solicitações de recolha serão mais regulares ou em maiores quantidades.

### 3.10. Análise da sazonalidade

Como base de estudo foram considerados quatro clientes, localizados em regiões diferentes e com consumos diferentes entre janeiro e setembro de 2019, criando assim uma amostra diversificada. Face ao número total de clientes após a redução da dimensão do problema, 4 considera-se representativos da amostra.

Com o intuito de estudar a existência de sazonalidade no consumo dos clientes, as entregas foram agregadas por estações do ano: Inverno (janeiro, fevereiro e março), Primavera (abril, maio e junho) e Verão (julho, agosto e setembro).

Durante algumas visitas feitas pessoalmente a clientes, foi-lhes também questionado diretamente se o consumo ao longo do ano era constante, obtendo sempre uma resposta

afirmativa. Este comportamento deve-se ao ambiente onde normalmente são utilizados, quer seja em terminais marítimos, terminais rodoviários ou fábricas, o seu consumo ao longo do ano não varia consideravelmente, tendo sempre necessidades semelhantes independentemente da altura do ano.

Na Tabela 3.4 apresenta-se o consumo trimestral dos quatro clientes analisados, bem como o consumo total e a região onde se localização.

Tabela 3.4 Consumos dos clientes R, X, AB e AE nas diferentes estações do ano

Cliente	Região	Consumo em unidades			
		Inverno	Primavera	Verão	Total
R	Madrid	150	154	145	<b>449</b>
X	Múrcia	57	54	60	<b>171</b>
AB	Barcelona	18	15	17	<b>50</b>
AE	Granada	309	315	301	<b>925</b>
<b>Total</b>		<b>534</b>	<b>538</b>	<b>523</b>	<b>1595</b>

Na Figura 3.6 apresentam-se graficamente os valores da Tabela 3.4.

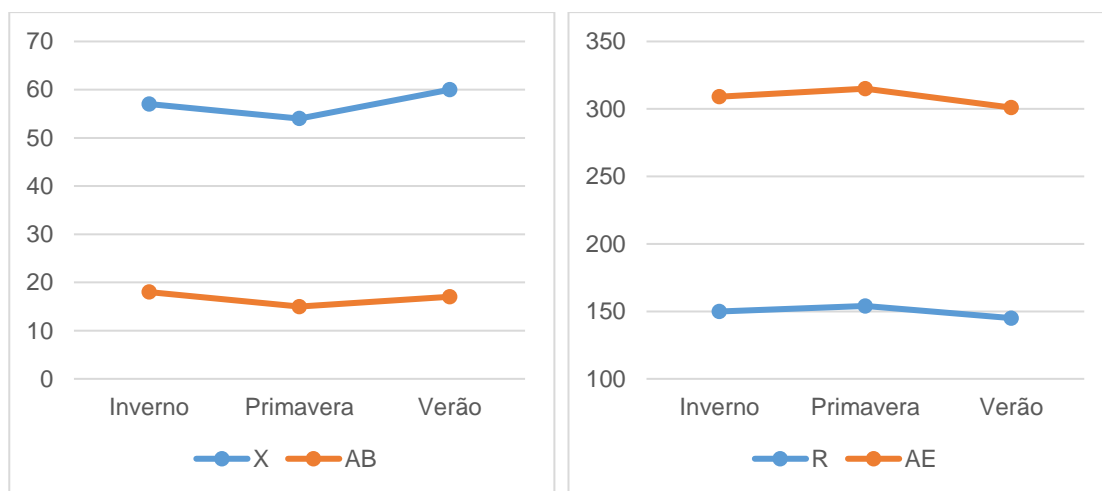


Figura 3.6 Consumo trimestral dos clientes R, X, AB e AE

Como é natural, existe uma pequena variação ao longo do ano, mas que não é considerada significativa, pelo que se conclui que o consumo de RIs ao longo do ano não é afetado pelas estações do ano, tendo assim um padrão sazonal constante.

### 3.11. Modos de fazer as recolhas

Atualmente o processo de recolha de RIs está no início, pelo que ainda não se fazem recolhas frequentemente. Atualmente, quando é solicitada uma recolha, a Greif subcontrata um veículo para esse efeito, pois é a forma mais rápida de fazer a recolha.

Existem duas possibilidades que se dividem em três modos de fazer as recolhas. Podem ser feitas com um veículo próprio ou com um veículo subcontratado, sendo que este último divide-se em serviço de veículo completo ou serviço de grupagem.

Um veículo próprio é um veículo na posse da Greif pelo qual a Greif tem total controlo e responsabilidade, assumindo todos os seus custos associados. É um veículo que fica estacionado nas instalações da Greif quando não está a efetuar nenhum transporte.

Um veículo subcontratado é um veículo que não é da posse da Greif e que os custos associados são da responsabilidade da empresa de transportes que detém o veículo. Neste caso a Greif contrata o veículo completo e paga um serviço à empresa de transportes para efetuar o transporte pretendido.

Num serviço de grupagem a Greif contrata um espaço no veículo e paga à empresa de transportes apenas o custo referente ao volume que a sua mercadoria ocupa no veículo, sendo este custo variável com a distância percorrida.

A grande diferença entre os dois modos é que para as recolhas com um veículo da Greif a rota tem de começar e acabar na Greif San Roque, enquanto que para as recolhas com um veículo subcontratado a rota pode começar num qualquer cliente, tendo apenas de acabar na Greif San Roque.

### **3.12. Custos associados a cada modo de recolha**

Com a subcontratação de um veículo, a Greif terá sempre o mesmo custo com o veículo, quer recolha 1 RI quer recolha 52 RIs (veículo completo), pelo que é importante recolher um veículo completo para minimizar os custos. Em média, o custo de um veículo subcontratado varia entre 1,1€ por km e 1,5€ por km percorrido, sendo que se o veículo for contratado para fazer um percurso inferior a 200 km, existe sempre um limite inferior no custo de cerca de 200€. Por exemplo, se um veículo for contratado para percorrer 75 km, irá ter um custo por volta dos 200€ (2,7€/km), mas se o veículo for contratado para percorrer cerca de 300 km, irá ter um custo por volta dos 450€ (1,5€/km).

Com a utilização de veículo próprio, o custo por quilómetro será mais reduzido, mas é necessário ter em consideração o custo do veículo, a depreciação do veículo, a manutenção do veículo, onde se inserem as revisões, troca de pneus, seguro e impostos associados, bem como o custo com o salário dos motoristas e o custo do combustível. As portagens, devido ao seu baixo valor, não têm impacto considerável nos custos associados às recolhas.

Com a utilização do serviço de grupagem, a Greif paga apenas o custo referente ao volume que a sua mercadoria ocupa no veículo, sendo este custo variável com a distância percorrida. Como este é um serviço mais específico e com mais variáveis incluídas, o custo por km é superior, sendo cerca de 1,5€/km. A grupagem é assim uma boa opção para quando é necessário recolher um número reduzido de RIs. É importante ter em atenção que um veículo tem 26 espaços e que



os RIs são sobreponíveis, pelo que se for necessário recolher 2 RIs apenas será necessário um espaço, mas se for necessário recolher 3 ou 4 RIs, já serão necessários dois espaços.

### **3.13. Condições impostas pelo Cliente A para as recolhas**

O contrato de recolha de RIs entre a Greif e o Cliente A estabelece que a Greif recolha os RIs usados pelos clientes do Cliente A nos próximos dez anos, pelo que é importante pensar a longo prazo no momento de decidir qual o melhor modo de fazer as recolhas, ou seja, escolher o modo que, no final dos dez anos, permita ter o menor custo para fazer todas as recolhas solicitadas.

O negócio do Cliente A é um negócio estável, pelo que se prevê que não haja mudanças significativas nos RIs consumidos, pelo que qualquer mudança que seja introduzida irá ter um impacto reduzido no universo do problema. Os clientes e as respetivas localizações podem alterar, mas os volumes de consumo estima-se que se mantenham constantes.

É importante referir que a Greif, o Cliente A e a maioria dos clientes do Cliente A encerram para férias quatro semanas por ano, pelo que para este trabalho será considerado que um ano tem 48 semanas.

Entre a Greif e o Cliente A ficou também acordado que as recolhas dos RIs devem ser feitas num prazo máximo de duas semanas desde a solicitação de recolha dos clientes. Como neste estudo são considerados os quarenta e sete clientes com maior consumo e esse consumo é constante ao longo do ano, é expectável que seja necessário fazer, em média, uma recolha de duas em duas semanas, ou seja 24 recolhas por ano tendo em conta as férias.

Como o consumo é constante, foi determinado o número médio de RIs consumidos e que é necessário recolher de duas em duas semanas.

Pretende-se, assim, determinar quais são as rotas de transporte que devem ser criadas para recolher de duas em duas semanas todos os RIs vazios que os clientes do Cliente A tenham na sua posse. Depois de saber as rotas de transporte para fazer as recolhas, é importante determinar qual é a melhor forma de as realizar, se utilizando um veículo próprio, se utilizando um veículo subcontratado ou se utilizando o serviço de grupagem.

As respostas a estas questões serão dadas através de métodos e estudos realizados no capítulo 4 desta dissertação.

### **3.14. Síntese**

Este capítulo inicia-se com a apresentação do Grupo Greif, a sua história e os segmentos de mercado em que atua para que, em seguida, possa ser entendido como nasceu a Greif Ibéria, onde estão localizadas as suas fábricas e que produtos são produzidos em cada uma delas.

Feita a descrição do Grupo Greif, segue-se a caracterização do caso de estudo. É apresentado o recipiente industrial em estudo, onde se descreve o seu ciclo de vida e o mercado onde está

inserido e é também explicado que se pretende recondicionar estes recipientes industriais para serem de novo vendidos ao Cliente A e, assim, serem colocados no mercado como RIs reconicionados.

Para os RIs passarem pelo processo de recondicionamento, também descrito neste capítulo, primeiro é necessário recolhê-los, pelo que são apresentados os critérios de aceitação para as recolhas bem como a localização dos clientes e respetivos consumos, chegando à conclusão que os clientes estão presentes em toda a península Ibérica e que têm um consumo sem sazonalidade. Obtém-se, assim, os dados necessários para a resolução do problema.

O capítulo termina com a apresentação das condições impostas pelo Cliente A para efetuar as recolhas e com a apresentação do objetivo deste caso de estudo. Com isto, ficam reunidos os dados, restrições e objetivos para a resolução do problema.

## Capítulo 4 – Proposta de modelo de recolha

Depois de obter e sintetizar a informação sobre os clientes, conclui-se que o consumo de RIs não é sazonal, e ao entender os termos acordados com o Cliente A, deu-se início à conceção do modelo de recolha, com base na Tabela 4.1 que contém informação sobre os clientes, nomeadamente o nome, região e morada da localização do cliente e o consumo de nove meses e de quinze dias (N.A. - não acessível por motivos de confidencialidade).

Dado o consumo dos clientes não ter sazonalidade e ser necessário fazer a recolha nos clientes de duas em duas semanas, devido ao acordo com o Cliente A, foi adicionada mais uma coluna à tabela 4.1, “Consumo 15 dias”, onde é apresentado o número médio de RIs consumidos a cada duas semanas, para identificar a quantidade que é necessário recolher de cada vez.

Tabela 4.1 Informações dos clientes selecionados

Número	Nome código	Região	Morada	Unidades consumidas	
				Em 9 meses	Em 15 dias
1	B	Cádiz	N.A.	437	25
2	C	A Coruña	N.A.	164	10
3	D	Zaragoza	N.A.	100	6
4	E	A Coruña	N.A.	133	8
5	F	Gibraltar	N.A.	461	26
6	G	Portugal	N.A.	457	26
7	H	Portugal	N.A.	265	15
8	I	Portugal	N.A.	144	8
9	J	Portugal	N.A.	55	4
10	K	Portugal	N.A.	54	3
11	L	Portugal	N.A.	54	3
12	M	Madrid	N.A.	70	4
13	N	Barcelona	N.A.	140	8
14	O	León	N.A.	52	3
15	P	Girona	N.A.	384	22
16	Q	Huelva	N.A.	61	4
17	R	Madrid	N.A.	449	25
18	S	Ciudad Real	N.A.	288	16
19	T	Tarragona	N.A.	52	3
20	U	Lleida	N.A.	308	18
21	V	Madrid	N.A.	224	13
22	W	Zaragoza	N.A.	169	10
23	X	Múrcia	N.A.	171	10
24	Y	Huelva	N.A.	125	7
25	Z	Huelva	N.A.	59	4
26	AA	Pontevedra	N.A.	160	9

Número	Nome código	Região	Morada	Unidades consumidas	
				Em 9 meses	Em 15 dias
27	AB	Barcelona	N.A.	50	3
28	AC	Almería	N.A.	169	10
29	AD	Badajoz	N.A.	57	4
30	AE	Granada	N.A.	925	52
31	AF	Teruel	N.A.	181	11
32	AG	Sória	N.A.	65	4
33	AH	Ciudad Real	N.A.	112	7
34	AI	Alicante	N.A.	66	4
35	AJ	Jaén	N.A.	50	3
36	AK	Navarra	N.A.	338	19
37	AL	Barcelona	N.A.	80	5
38	AM	Zaragoza	N.A.	364	21
39	NA	Sevilla	N.A.	155	9
40	AO	Navarra	N.A.	231	13
41	AP	Sória	N.A.	189	11
42	AQ	Valencia	N.A.	63	4
43	AR	Madrid	N.A.	56	4
44	AS	Albacete	N.A.	53	3
45	AT	Madrid	N.A.	259	15
46	AU	Navarra	N.A.	71	4
47	AV	Cádiz	N.A.	466	26

Com o objetivo de minimizar os custos de transporte, neste problema de planeamento de rotas de veículos foi selecionado o método “Clarke and Wright Savings”, um dos métodos mais conhecidos e estudados nesta área. Este foi o método selecionado pois face ao mencionado no enquadramento teórico, este é o método que permite fazer face às limitações e o que se adequa à realidade do problema. As características deste problema permitem a aplicação deste método, nomeadamente, todos os veículos são iguais, não há limite de veículos e as quantidades a recolher e as distâncias são conhecidas.

Para aplicar o método deve-se ter em consideração as seguintes restrições do problema:

- Não há limite de rotas;
- A capacidade do veículo é de 52 RIs;
- As quantidades a recolher em cada cliente presente na Tabela 4.1.

Devem ser conhecidas, também, as distâncias entre cada cliente e a fábrica da Greif em San Roque, Cádiz, bem como as distâncias dos clientes entre si.

#### 4.1. Identificação da matriz das distâncias

Para a criação das rotas de recolha, estão a ser considerados 47 clientes. Para a criação da matriz das distâncias é necessário saber a distância entre cada cliente e todos os outros (46), sendo necessário calcular mais de 1100 distâncias. Utilizando um método convencional, iria ser necessário despendar muito tempo para as obter, pelo que, para o cálculo das distâncias, foi criada uma função no Google Sheets através de um código *script* que permite determinar a distância entre dois pontos utilizando o Google Maps. A função funciona do seguinte modo: Dando como *input* duas moradas, a função vai ao Google Maps e coloca os dois inputs, um como origem e outro como destino, e devolve o valor da distância entre as duas moradas.

Se na célula B1 da folha de cálculo for introduzido o local de partida e na célula B2 o local de chegada e definirmos as unidades em quilómetros, através da função `=GOOGLEMAPS("A1";"A2","Kilometers")` o Google Sheets determina a distância entre B1 e B2 recorrendo ao Google Maps e devolve o valor na célula onde foi inserida a função, como representado na Figura 4.1.

Comparando a Figura 4.1 com a Figura 4.2 observa-se que a função `GOOGLEMAPS` é muito precisa e que devolve a distância percorrida por estrada e não a distância em linha reta entre os dois pontos. Esta função é relevante e de elevada importância pois permite em poucos segundos saber com exatidão a distância efetivamente percorrida pelos veículos entre dois pontos e, assim, saber qual a distância real a percorrer para realizar as recolhas necessárias.

fx   =GOOGLEMAPS(B1;B2;"kilometers")			
	A	B	C
1	De	FCT NOVA	
2	Para	NOVA SBE	
3	Distância	29,922	
4			

Figura 4.1 Fórmula GOOGLEMAPS



Figura 4.2 Distância entre FCT NOVA e NOVA SBE

Assim, utilizando a função GOOGLEMAPS, foi criado o Anexo I que contém as distâncias de cada cliente à fábrica da Greif em San Roque e o Anexo II que contém as distâncias dos clientes entre si.

Com o Anexo II o passo 1 do método de Clarke and Wright, obter a matriz das distâncias, fica completo.

## 4.2. Identificação da matriz das economias

No passo dois, pretende-se determinar as economias que se obtêm ao agregar dois clientes na mesma rota/veículo. Essa economia representa a distância que se poupa ao agregar esses dois clientes na mesma rota, em vez de os recolher separadamente. Na equação 4.1, considerando que SR é a Greif San Roque e i e j são clientes diferentes, foram calculadas as economias, sendo criada a matriz das economias (Anexo III), onde se podem observar qual a economia de agrupar na mesma rota um cliente com qualquer um dos outros 46.

$$s(i, j) = d(\text{SR}, i) + d(\text{SR}, j) - d(i, j) \quad (4.1)$$

Para facilitar a análise da matriz das economias, através da ferramenta “Assistente de tabelas e gráficos dinâmicos” do Excel, a matriz foi transformada numa tabela com três colunas, como apresentado na Figura 4.3. As colunas A e B identificadas por linha e coluna, respetivamente, identificam os pares de clientes e a coluna valor identifica a economia que se obtém de agregar os dois clientes na mesma rota. Com essa tabela torna-se mais fácil identificar quais os pares de clientes que conduzem a uma maior economia. Através da colocação de um filtro na coluna Valor, podem-se filtrar, ordenando do maior para o menor valor, identificando assim quais os pares de clientes que devem ser considerados prioritários em colocar na mesma rota de recolha.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	i	0	1	2	3	4	5	
2	j	SR	B	C	D	E	F	
3	0	SR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	1	B	0,0	0,0	21,9	7,2	12,6	2,8
5	2	C	0,0	21,9	0,0	1278,5	2106,9	2,8
6	3	D		7,2	1278,5	0,0	1245,1	2,8
7	4	E		12,6	2106,9	1245,1	0,0	2,8
8	5	F		2,8	2,8	2,8	2,8	0,0

	A	B	C
1	Linha	Coluna	Valor
2	AB	AL	2214,825
3	N	P	2213,753
4	N	AB	2211,342
5	N	AL	2179,238
6	P	U	2160,267
7	P	AB	2150,846
8	N	U	2118,824
9	P	AL	2118,014
10	...	...	...
11	K	F	0,411

Figura 4.3 Transformação da matriz das economias em tabela simplificada

### 4.3. Atribuição dos clientes a rotas/veículos

Durante o processo iterativo de atribuição dos clientes às rotas de transporte, pretende-se que em cada rota fiquem agrupados os clientes que contribuam para uma maior economia total final e, para isso, devem ser agrupados os clientes que tenham um maior valor de  $s(i, j)$ , tendo em atenção as seguintes restrições do problema:

- Cada cliente só pode estar inserido em apenas uma rota;
- Podem ser agregadas 2 rotas se a quantidade de produto a recolher nos clientes não exceder a capacidade do veículo;
- Em cada iteração combinam-se rotas que conduzam à maior economia.


O primeiro par de clientes a integrar na rota é o que conduz a uma maior economia. Neste caso, como se pode ver pela Figura 4.3, o par de clientes que conduz a uma maior economia é o par AB, AL e de seguida o par N, P, pelo que, como apresentado na Tabela 4.2, são criadas duas rotas, Rota 1 e Rota 2, uma para cada par.

Tabela 4.2 Rota 1 e Rota 2 provisórias

Rota	Rota 1	Rota 2
Cliente	AB	N
Cliente	AL	P
<b>Total a recolher</b>	<b>3 + 5 = 8 Rls</b>	<b>8 + 22 = 30 Rls</b>

A seguir, a economia mais elevada corresponde ao par N, AB. Neste caso, o cliente N já se encontra atribuído à Rota 2 e o cliente AB já se encontra atribuído à Rota 1, pelo que surge uma oportunidade para combinar as duas rotas. Como neste momento o total a recolher na Rota 1 é de 8 Rls e o total a recolher na Rota 2 é de 30 Rls, então o total a recolher no conjunto da Rota 1 e Rota 2 é igual a 38, que é inferior a 52, pelo que não excede a capacidade do veículo. As duas rotas são combinadas, como mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Combinação da Rota 1 com a Rota 2

Rota 1	Rota 2		Rota 1	Unidades a recolher
AB	N		AB	3
AL	P		AL	5
			N	8
			P	22
<b>3 + 5 = 8 Rls</b>	<b>8 + 22 = 30 Rls</b>	<b>Total a recolher</b>		<b>38</b>

Assim deixa-se de ter duas rotas com dois clientes cada e passa-se a ter apenas uma rota contendo os 4 clientes com um total de 38 RIs para recolher de duas em duas semanas.

Seguindo a ordem das maiores economias, em seguida deve ser inserido o par N, AL. Como estes clientes já se encontram inseridos na Rota 1, apenas é necessário confirmar que de facto é bom o par estar agrupado.

O par seguinte a avaliar é o par P,U. O cliente P já se encontra na Rota 1, mas o cliente U ainda não se encontra em qualquer rota, pelo que, na Tabela 4.4, o cliente U fica associado à Rota 1 e avalia-se se não viola nenhuma restrição.

Tabela 4.4 Rota 1 final

Rota 1	Unidades a recolher
AB	3
AL	5
N	8
P	22
U	18
<b>Total</b>	<b>56</b>

O limite de carga do veículo é de 52 unidades, mas, neste caso, o número de RIs a recolher durante a Rota 1 é de 56 unidades, o que viola em 4 unidades a restrição que diz que a quantidade de produto a recolher nos clientes não deve exceder a capacidade do veículo. Como as unidades que estão a ser consideradas na recolha resultam de uma média de acordo com o consumo anual, considera-se que a diferença de 4 unidades não é significativa para fazer com que o cliente U fique colocado noutra rota, pois as unidades a recolher a cada duas semanas podem variar ligeiramente. Além disso, a maioria dos clientes não coloca qualquer problema com o facto de não serem recolhidos todos os RIs por falta de espaço no veículo. Por exemplo, se o cliente U tem 18 RIs para recolher e se for informado que só será possível recolher 16 RIs, devido à falta de espaço no veículo, por experiência sabe-se que não haverá problema e que o cliente irá entender a situação, ficando os 2 RIs guardados para serem recolhidos na próxima recolha.

Assim, a primeira rota de recolha fica definida, pelo que seguindo a ordem das maiores economias, começa a criar-se a Rota 2. O par seguinte que contribui para uma maior economia é o par AK, AU, pelo que é colocado na Rota 2 pois não viola qualquer restrição.

Aplicando este processo iterativo a todos os pares de clientes, obtém-se as 10 rotas de recolhas que estão presentes na Tabela 4.5.



Tabela 4.5 Rotas de recolha obtidas

Rota	Cliente	Unidades a recolher	Região	Total de unidades a recolher na rota
1	AB	3	Barcelona	56
	AL	5	Barcelona	
	N	8	Barcelona	
	P	22	Girona	
	U	18	Lleida	
2	AK	19	Navarra	55
	AU	4	Navarra	
	AO	13	Navarra	
	AP	11	Soria	
	AG	4	Soria	
	AR	4	Madrid	
3	C	10	A Coruña	53
	E	8	A Coruña	
	AA	9	Pontevedra	
	O	3	León	
	J	4	Portugal	
	K	3	Portugal	
	I	8	Portugal	
	AD	4	Badajoz	
4	Q	4	Huelva	55
	D	6	Zaragoza	
	AM	21	Zaragoza	
	W	10	Zaragoza	
	T	3	Tarragona	
	AF	11	Teruel	
	AQ	4	Valencia	
5	M	4	Madrid	57
	R	25	Madrid	
	AT	15	Madrid	
	V	13	Madrid	
6	G	26	Portugal	55
	H	15	Portugal	
	L	3	Portugal	
	Y	7	Huelva	
	Z	4	Huelva	

Rota	Cliente	Unidades a recolher	Região	Total de unidades a recolher na rota
7	AI	4	Alicante	53
	AS	3	Albacete	
	X	10	Murcia	
	S	16	Ciudad Real	
	AH	7	Ciudad Real	
	AC	10	Almería	
	AJ	3	Jaén	
8	B	25	Cádiz	34
	A N	9	Sevilla	
9	AV	26	Cádiz	52
	F	26	Gibraltar	
10	AE	52	Granada	52

A partir da Tabela 4.5 foram representados geograficamente na Figura 4.4 os *clusters* de clientes para cada rota de recolha.



Figura 4.4 Mapa com os *clusters* de clientes para cada rota de recolha obtidos por iteração

A aplicação do método ao conjunto de 47 clientes permitiu determinar 10 *clusters* de clientes que indicam quais os clientes que fazem parte de cada rota que será necessário criar para recolher todos os RIs. O método permitiu assim determinar quantos clientes e quais os clientes que fazem parte de cada rota e onde é que esses clientes se localizam geograficamente.

O próximo passo a realizar é determinar para cada rota qual a ordem de recolha dos clientes que permite minimizar a distância total percorrida.

#### **4.4. Sequenciação dos clientes numa rota**

Para a sequenciação dos clientes nas rotas teremos de estudar para os dois modos de recolha possíveis de considerar, ou seja, a sequenciação se as recolhas forem feitas com um veículo da Greif ou se as recolhas forem feitas com um veículo subcontratado. O serviço de grupagem não é inserido no estudo da sequenciação pois na grupagem as recolhas são feitas individualmente e por veículos diferentes, pelo que não existe uma sequência de recolha.

Utilizando a ferramenta Solver do Excel, uma ferramenta de análise de hipóteses que ajusta os valores nas células de variáveis para satisfazer os limites das células de restrição e encontrar o valor otimizado (máximo ou mínimo) para a célula objetivo, foi criada uma folha de cálculo para cada rota onde serão analisadas as várias hipóteses de recolha de RIs nos clientes em cada rota e, assim, encontrar a ordem pela qual eles devem ser visitados que minimiza a distância total percorrida para recolher todos os RIs dessa rota.

Para as folhas de cálculo de cada uma das 10 rotas foram analisados os dois modos de recolha, por um veículo da Greif ou por um veículo subcontratado, para ser possível comparar se os quilómetros que são feitos a mais com um veículo próprio mas com um custo por quilómetro menor irá compensar face à subcontratação de um veículo.

Para os dois modos de recolha em estudo, cada rota foi analisada individualmente tendo sido obtido o valor otimizado para cada uma delas. Na Figura 4.5 apresenta-se o exemplo para a Rota 1, onde SR representa a fábrica da Greif San Roque e os restantes são os 5 clientes que pertencem à Rota 1. A cada cliente foi atribuído um número auxiliar, pois o Solver não funciona com letras. A distância apresentada é em quilómetros.

Para obter as distâncias presentes na coluna 3, foi utilizada a matriz das distâncias (Anexo I). A primeira distância, com o valor 1136,123 km, é a distância entre os clientes 6 e 1 (neste caso entre a Greif San Roque e o cliente AB). A distância 35,739 km é a distância entre os clientes 1 e 2 (AB e AL) e, assim, sucessivamente. O valor da distância total percorrida é a soma de todas estas distâncias.

A Célula objetivo que corresponde à função objetivo, é a distância total percorrida que se pretende minimizar.

A Célula de restrição é uma célula com o valor 1 ou 0, dependendo se a restrição é cumprida ou não. A restrição será que o veículo tem de iniciar a rota em SR (Greif San Roque), pelo que se a

primeira célula de variável for igual à célula restrição então o valor será 1 pois a restrição é cumprida. Esta célula só existe na aplicação do Solver quando a recolha é realizada com um veículo da Greif.

As Células de variáveis são as células que o Excel vai alterar analisando todas as combinações possíveis de forma a encontrar a sequência de clientes que minimiza a Célula objetivo.

Cliente	Codigo	Distância	Stop	Partida
SR	6	1136,123	0	6
AB	1	35,739	1	
AL	2	76,272	2	
N	3	118,707	3	
P	4	131,967	4	
U	5	1100,843	5	
SR	6			

Distância total percorrida: 2599,7

Figura 4.5 Folha Excel para cálculo da distância total percorrida com veículo próprio antes da aplicação do Solver

Começa-se primeiro por aplicar o Solver às rotas feitas com um veículo da Greif, utilizando os parâmetros do Solver que estão representados na Figura 4.6, em que o objetivo a definir é minimizar a distância total percorrida, estando sujeito às restrições de que todos os clientes na rota têm de ser diferentes, logo só podem aparecer uma vez, e que o ponto de partida tem de ser na Greif San Roque, logo, o valor da célula H4 terá de ser igual a 1.

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☐ Máximo ☒ Mínimo ☐ Valor de:

Alterando as Células de Variável:

Sujeito às Restrições:

☒ Tornar Não Negativas Variáveis Não Constrangidas

Selec. Método Resolução:

Método de Resolução

Selecione o motor GRG Não Linear para problemas não lineares uniformes do Solver. Selecione o motor LP Simplex para problemas lineares do Solver, e selecione o motor Evolutionary para problemas não uniformes do Solver.

Figura 4.6 Parâmetros do Solver para recolha com veículo próprio

Na Figura 4.7 está representado o antes e o depois da aplicação do Solver para a Rota 1. Inicialmente havia uma ordem aleatória de recolha que representava uma distância total percorrida de 2599 km. Após a aplicação do solver a ordem de recolha nos clientes foi alterada de modo a minimizar a distância total percorrida, reduzindo a distância em 32,1 km em relação à ordem inicial.

Antes da aplicação do Solver							Depois da aplicação do Solver						
Cliente	Codigo	Distância	Stop		Partida		Cliente	Codigo	Distância	Stop		Partida	
SR	6	1136,123	0		6	1	SR	6	1100,843	0		6	1
AB	1	35,739	1				U	5	131,967	1			
AL	2	76,272	2				P	4	118,707	2			
N	3	118,707	3				N	3	65,85	3			
P	4	131,967	4				AB	1	35,739	4			
U	5	1100,843	5				AL	2	1114,441	5			
SR	6						SR	6					
		2599,651	Distância total percorrida						2567,547	Distancia total percorrida			

Figura 4.7 Antes e o depois da aplicação do Solver para veículo próprio

Dado que se pretende comparar as opções de efetuar as recolhas com um veículo próprio e um veículo subcontratado, na mesma folha de cálculo foram também criados os parâmetros do *Solver* de forma a executar o mesmo exercício com um veículo subcontratado.

Tendo em conta que estaríamos a utilizar um veículo subcontratado, isto quer dizer que a rota não tem de começar na Greif San Roque, podendo começar num qualquer cliente da rota. Desta forma, foram utilizados os parâmetros do *Solver* que estão representados na Figura 4.8, onde o objetivo a definir é a distância total percorrida e se pretende o seu valor mínimo, estando sujeito às restrições de que todos os clientes na rota têm de ser diferentes, logo só podem aparecer uma vez, mas, nesta situação, o ponto de partida não tem de ser na Greif San Roque, logo a célula de restrição foi eliminada.

The screenshot displays the Excel Solver interface. On the left, the 'Dados' (Data) tab is active, showing a table with columns 'Cliente', 'Codigo', 'Distância', and 'Stop'. The table lists clients SR, AB, AL, N, P, U, and R with their respective codes and distances. The total distance is calculated in cell C25 as 1463,528. On the right, the 'Parâmetros do Solver' (Solver Parameters) dialog box is open. The 'Definir Objetivo' (Set Objective) field is set to \$C\$25. The 'Para' (To) field is set to 'Mínimo' (Minimum). The 'Alterando as Células de Variável' (Changing Variable Cells) field is set to \$C\$18:\$C\$22. The 'Sujeito às Restrições' (Subject to the Constraints) field is set to \$C\$18:\$C\$22 = TudoDiferente. The 'Tornar Não Negativas Variáveis Não Constrangidas' (Make Non-negative Variable Constraints) checkbox is checked. The 'Seleção de Método de Resolução' (Select a Solving Method) dropdown is set to 'Evolutionary'. The 'Método de Resolução' (Solving Method) section provides instructions on selecting the appropriate solver engine based on the problem type. The 'Resolver' button is highlighted.

Figura 4.8 Parâmetros do Solver para recolha com veículo subcontratado

Na Figura 4.9 está representado o antes e o depois da aplicação do Solver para a Rota 1. Antes da aplicação do Solver a ordem aleatória de recolha representava uma distância total percorrida de 1463 km e após a aplicação do solver a ordem de recolha nos clientes foi alterada para a que minimiza a distância total percorrida, reduzindo em 10,4 km em relação à ordem inicial.

Antes da aplicação do Solver					Depois da aplicação do Solver				
Cliente	Codigo	Distância	Stop		Cliente	Codigo	Distância	Stop	
AB	1	35,739	1		AL	2	35,739	1	
AL	2	76,272	2		AB	1	65,85	2	
N	3	118,707	3		N	3	118,707	3	
P	4	131,967	4		P	4	131,967	4	
U	5	1100,843	5		U	5	1100,843	5	
R	6				R	6			
		1463,5	Distancia total percorrida				1453,1	Distancia total percorrida	

Figura 4.9 Antes e o depois da aplicação do Solver para veículo subcontratado

O mesmo processo de aplicação do solver foi utilizado para todas as rotas previamente definidas, de onde resultou um resumo que se encontra na Tabela 4.6 com os resultados obtidos de quais as distâncias mínimas necessárias para fazer cada uma das 10 rotas de recolha, quer seja a recolha feita com um veículo da Greif quer com um veículo subcontratado. Foi também adicionada uma coluna com o número de clientes a recolher em cada rota pois também é um dado importante na comparação dos diferentes modos de recolha.

Tabela 4.6 Distância total percorrida por rota em cada modo de transporte

Rota	Distância percorrida com veículo (km)		Diferença	Número de clientes na rota
	Próprio	Subcontratado		
1	2568	1453	1115	5
2	2259	1160	1099	6
3	2566	1726	840	9
4	2245	1325	920	6
5	1340	683	657	4
6	1271	684	587	5
7	1585	1247	338	7
8	404	205	199	2
9	34	29	5	2
10	497	248	249	1
<b>Total</b>	<b>12201</b>	<b>8760</b>	<b>6009</b>	

A análise da Tabela 4.6 permite concluir que, em média, a distância a percorrer com veículo subcontratado é 40% inferior à distância com veículo próprio. Será necessário analisar em detalhe a situação para concluir se o custo por quilómetro associado a um veículo próprio é

suficientemente inferior ao custo de subcontratar um veículo para compensar à Greif adquirir um ou mais veículos.

#### 4.5. Duração da recolha

Para as rotas definidas serem viáveis, é importante ter em consideração que as recolhas devem ser feitas de duas em duas semanas e que, para isso, é necessário confirmar que as rotas são possíveis de fazer em menos de dez dias úteis.

Os fatores que podem influenciar a viabilidade das rotas é a distância a percorrer ser demasiado grande para fazer em 10 dias úteis, as restrições legais de repouso e condução que o condutor tem de respeitar e o tempo que o veículo despende nos clientes a carregar os RIs. Para isso, é necessário ter em consideração os seguintes fatores:

- Tempo máximo de condução diária: 9 horas, com a possibilidade de, não mais de duas vezes por semana, poder ser alargado até um máximo de 10 horas.
- Duração média de carga dos RIs nos clientes: 1 hora
- Velocidade média do veículo: 70km/hora

Desta forma, a duração de uma rota é calculada pela equação (4.2).

$$\frac{\frac{\text{Distância a percorrer}}{70 \text{ km}} + \text{nº de recolhas}}{9 \text{ horas}} \quad (4.2)$$

A equação 4.2 foi aplicada a todas as rotas obtendo-se os valores presentes na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 Duração da recolha de cada rota em cada modo de transporte

Rota	Duração da recolha em dias de trabalho		Diferença	Nº clientes na rota
	Com veículo próprio	Com veículo subcontratado		
1	4,6	2,9	1,7	5
2	4,3	2,5	1,8	6
3	5,0	3,7	1,3	9
4	4,2	2,8	1,4	6
5	2,6	1,5	1,1	4
6	2,6	1,6	1	5
7	3,3	2,8	0,5	7
8	0,9	0,5	0,4	2
9	0,3	0,3	0	2
10	0,9	0,5	0,4	1
<b>Total</b>	<b>28,6</b>	<b>19,1</b>	<b>9,6</b>	<b>47</b>

A partir da Tabela 4.7, pode confirmar-se que todas as rotas são possíveis de realizar em menos de duas semanas (dez dias úteis), mas não é possível fazer todas as recolhas com o mesmo veículo da Greif. São necessários pelo menos dois veículos para fazer todas as recolhas, a não ser que se considere que algumas recolhas serão feitas com veículo próprio e outras com veículo subcontratado, o que provavelmente será o melhor cenário.

#### **4.6. Custos da recolha**

Para fazer a análise comparativa dos diferentes modos de recolha e decidir qual o modo mais vantajoso para cada rota, é necessário saber quais os custos associados de fazer cada rota com cada um dos modos de recolha. Dado que foi calculada a distância total a percorrer para cada rota, foi determinado o custo por quilómetro percorrido associado a um veículo próprio, a um veículo subcontratado e a uma grupagem, para assim ser possível comparar qual das três opções é mais vantajosa para cada rota.

##### **a) Veículo próprio**

Em relação aos custos associados a um veículo próprio, é necessário ter em consideração que:

- O preço médio do combustível (gasóleo) em Espanha é 1,220€/L em dezembro de 2019 (dieselogasolina.com, 2019).
- O consumo médio de combustível do veículo selecionado é 30L/100Km, com base na informação das marcas dos veículos, bem como perguntas feitas a motoristas (volvotrucks.com, 2019).
- A manutenção é estimada em cerca de 12000€ a cada 120000 km. Esta estimativa foi feita com base na necessidade de revisões periódicas, inspeções, troca de pneus e alguma avaria extra.
- Um motorista recebe aproximadamente 20000€ por ano. Este valor inclui salário, subsídios, alimentação e seguro de trabalho (indeed.es, 2019).
- O seguro e Impostos do veículo estima-se em cerca de 8000€ por ano. Inclui seguro do veículo e imposto de circulação (agenciatributaria.es, 2019).
- O veículo tem um custo aproximado de 60000€ ao fim de 10 anos. Este é o valor que se deve considerar para a depreciação do veículo ao fim de 10 anos pois um veículo novo ou seminovo tem um valor de aquisição de cerca de 90000€ e um veículo com 10 anos e 1200000 km tem um valor de mercado de cerca de 30000€.

Tendo em consideração vários fatores, é expectável que um veículo da Greif percorra por mês cerca de 10000 km, pelo que se pode considerar que o veículo irá fazer, em média, 120000 km por ano. Tendo como base este valor é possível estimar o custo médio por km, Tabela 4.8, que é de 0,706€/km.



Cada um dos valores apresentado na Tabela 4.8 é determinado pela razão entre cada um dos valores de custo identificados anteriormente, combustível, manutenção, motorista, seguros e impostos, e a distância a percorrer anualmente (1200000 km).

Tabela 4.8 Custo por km detalhado de um veículo próprio

Custo	Valor
Combustível	0,366€/km
Manutenção	0,10€/km
Motorista	0,17€/km
Seguros+Impostos	0,07€/km
<b>Total</b>	<b>0,706 €/km</b>

Para a Rota 1, em que a distância a percorrer é de 2568 km e o custo por quilómetro é de 0,706€, o custo de fazer 1 vez a recolha com um veículo próprio será  $2568 * 0,706 = 1813$  €

Para as restantes rotas de recolha com veículo próprio foram efetuados os mesmos cálculos e sintetizados na Tabela 4.9, onde se encontram todos os valores a considerar para as recolhas com veículo próprio nas 10 rotas.

Tabela 4.9 Valores da distância, custo e duração de cada rota com veículo próprio

Rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha (em €)	Nº clientes na rota	Duração da recolha (em dias de trabalho)
1	2568	1813	5	4,6
2	2259	1595	6	4,3
3	2566	1811	9	5,0
4	2245	1585	6	4,2
5	1340	946	4	2,6
6	1271	897	5	2,6
7	1585	1119	7	3,3
8	404	285	2	0,9
9	34	24	2	0,3
10	497	351	1	0,9

#### b) Veículo subcontratado

Nos custos associados a um veículo subcontratado deve ter-se em consideração que o custo médio por quilómetro varia de acordo com a distância percorrida. Se a distância a percorrer for inferior a 200 km, existe um valor mínimo de 200€ que é cobrado, independentemente da distância que seja percorrida, pois existem custos fixos com o veículo e o motorista que não se conseguem evitar. Na Tabela 4.10 estão representadas as variações do custo médio por

quilómetro de acordo com a distância percorrida, exceto para o caso em que a distância percorrida seja inferior a 200 km com um custo fixo de 200€.

Tabela 4.10 Variações do custo médio por quilómetro de acordo com a distância percorrida

Distância percorrida	Custo médio
De 200km a 500km	1,5€/km
De 500km a 1000km	1,2€/km
> 1000km	1,1€/km

A contratação de um veículo envolve também um custo adicional de 35€ por cada carga ou descarga extra. Este é um custo extra cobrado por todas as empresas de transporte devido à paralisação do veículo e do motorista.

Para a Rota 1 em que é necessário recolher em 5 clientes, a distância a percorrer é de 1453 km e o custo por quilómetro para distâncias acima de 1000 km é de 1,1€/km, logo o custo de fazer a recolha com um veículo subcontratado será  $1453 * 1,1 + 35 * 4 = 1738,3$  €.

Para as restantes rotas de recolha com veículo subcontratado foram efetuados os mesmos cálculos e sintetizados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 Valores da distância, custo e duração de cada rota com veículo subcontratado




Rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha (em €)	Nº clientes na rota	Duração da recolha (em dias de trabalho)
1	1453	1738	5	2,9
2	1160	1451	6	2,5
3	1726	2178	9	3,7
4	1325	1632	6	2,8
5	683	924	4	1,5
6	684	961	5	1,6
7	1247	1582	7	2,8
8	205	343	2	0,5
9	29	120	2	0,3
10	248	373	1	0,5

#### c) Grupagem

Na maioria das vezes o número de RIs a recolher em cada cliente não é suficiente para encher um veículo, pelo que contratar um serviço de grupagem pode ser uma alternativa a ter em conta pois pode ser monetariamente mais interessante, uma vez que os custos do transporte são distribuídos por todos os contratantes do serviço.

$$\frac{\text{Distância a percorrer} * 1,5\text{€}}{26 \text{ espaços do veículo}} * \text{n}^\circ \text{ de espaços necessários para a recolha} \quad (4.3)$$

Foram calculados os custos de contratar uma grupagem para recolher individualmente em cada cliente. Para facilitar a comparação com os outros modos de recolha, esses custos foram somados em cada rota para se obter o custo total de recolher em todos os clientes.

H34		:				=((F34*1,5)/26)*2			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
31									
32		Grupagem							
33		Cliente	Código	San Roque	Distancia	IBCs a recolher	Custo		
34		AB	1	R	6	1136,123	3	131,1 €	
35		AL	2	R	6	1114,441	5	192,9 €	
36		N	3	R	6	1141,069	8	263,3 €	
37		P	4	R	6	1191,391	22	756,1 €	
38		U	5	R	6	1100,843	18	571,6 €	
39									
40			Distancia total percorrida			5683,9		1 850,0 €	Custo Total

A Tabela 4.12, sintetiza os custos para a recolha com grupagem para todas as rotas. Para a Rota 10 a opção de grupagem não é aplicável pois é uma recolha de um veículo completo em apenas um cliente.

Rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha (em €)	Número de clientes na rota
1	5683	1850	5
2	5646	1582	6
3	5484	1490	9

Rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha (em €)	Número de clientes na rota
4	5428	1594	6
5	2638	1111	4
6	2571	1083	5
7	3283	921	7
8	212	343	2
9	17	200	2
10	-	-	1

#### 4.7. Análise comparativa

Tendo sido calculados os custos para cada uma das hipóteses de recolha, é analisado o modo de recolha que compensa mais para cada rota.

Para a Rota 1, cujos custos têm vindo a ser detalhadamente calculados ao longo do capítulo, sendo apresentados na Tabela 4.13 para os três modos de recolha, o melhor modo de fazer a recolha será subcontratar um veículo, pois o seu custo é menor pelo menos em 50€ em relação a qualquer outro modo de recolha.

Tabela 4.13 Comparação do custo de recolha da rota 1 com cada modo de transporte

Modo de recolha	Custo
Veículo próprio	1823,3 €
Veículo subcontratado	<b>1773,3 €</b>
Grupagem	1850,0 €

A Tabela 4.14 permite visualizar os custos de cada modo de recolha para cada rota, onde estão realçados os valores de menor custo, facilitando assim o processo de comparação e de decisão de qual o melhor modo de recolha para cada rota.

Tabela 4.14 Comparação de custos de recolha de cada rota com cada modo de transporte

Rota	Veículo próprio	Veículo subcontratado	Grupagem
1	1813 €	<b>1738 €</b>	1850 €
2	1595 €	<b>1451 €</b>	1582 €
3	1811 €	2178 €	<b>1490 €</b>
4	<b>1585 €</b>	1632 €	1594 €
5	946 €	<b>924 €</b>	1111 €
6	<b>897 €</b>	961 €	1083 €
7	1119 €	1582 €	<b>921 €</b>

Rota	Veículo próprio	Veículo subcontratado	Grupagem
8	285 €	343 €	343 €
9	24 €	200 €	200 €
10	351 €	373 €	-

No momento da decisão, no entanto, ainda devemos ter em conta alguns fatores que podem influenciar os custos e a opção pelo veículo próprio, como por exemplo a depreciação do veículo ao fim de 10 anos, quantas rotas o veículo próprio consegue fazer dentro dos dez dias úteis ou mesmo quantos veículos serão necessários adquirir para compensar o seu uso.

Para as rotas 3 e 7 a opção de fazer as recolhas através de grupagem é a que representa um custo menor, tal como era expectável, pois são as duas rotas com mais clientes (9 e 7 clientes respetivamente) e, em simultâneo, as rotas que têm o menor valor de RIs a recolher por cliente (6 e 8 unidades, respetivamente), criando assim as condições que fazem a grupagem ser uma melhor opção em relação às outras opções, pois está a recolher-se menores quantidades em mais clientes.

Para as rotas 1, 2 e 5 a melhor opção será fazer as recolhas com um veículo subcontratado, o que também é compreensível pois as rotas 1 e 2 contêm os clientes mais a norte de Espanha, alguns deles quase em França, e a Greif San Roque está localizada na região mais a sul de Espanha, o que, se as recolhas fossem feitas com um veículo próprio, faria com que fosse necessário percorrer muitos quilómetros com o veículo vazio desde a Greif San Roque até ao primeiro cliente na rota. Utilizando um veículo subcontratado esses quilómetros não são necessários percorrer, pois o veículo pode começar a recolha logo no primeiro cliente mais a norte e ir descendo por Espanha até à Greif San Roque fazendo as outras recolhas, sendo que a Greif paga apenas os quilómetros percorridos com carga dentro do veículo. Além disso, estas rotas têm apenas 5, 6 e 4 clientes, respetivamente, o que significa que a Greif não irá pagar valores extra muito elevados por ter locais de carga extra.

Para as restantes rotas, as rotas 4, 6, 8, 9 e 10, a melhor opção parece ser o veículo próprio. Consequentemente, é necessário determinar quantos veículos são necessários para fazer as cinco rotas e considerar a sua depreciação.

Em primeiro lugar é necessário determinar quantos veículos é necessário a Greif adquirir para conseguir recolher todos os RIs das cinco rotas em menos de dez dias úteis. Recorre-se à Tabela 4.15 que contém o número de dias necessários para recolher os RIs em cada rota.

Tabela 4.15 Duração da recolha com veículo próprio das rotas 4, 6, 8, 9 e 10

Rota	Número de		Duração da recolha (em dias de trabalho)
	Cientes na rota	RIs a recolher	
4	6	55	4,2
6	5	55	2,6

Rota	Número de		Duração da recolha (em dias de trabalho)
	Clientes na rota	RIs a recolher	
8	2	34	0,9
9	2	52	0,3
10	1	52	0,9

Somando a duração das recolhas nas cinco rotas comprovamos que são necessários 8,9 dias de trabalho, o que respeita a restrição dos dez dias úteis e, ainda, se consegue ter um dia de trabalho de reserva para o caso de acontecer algum imprevisto. Além disso, a recolha pode ser efetuada por apenas um veículo, não havendo necessidade de adquirir mais.

No que toca à restrição da distância a percorrer, é necessário saber se o veículo da Greif irá ou não ultrapassar os 120000 km anuais. Se ultrapassar o veículo poderá não durar os dez anos de contrato com o Cliente A e ser necessário adquirir outro. Considere-se então os valores presentes na Tabela 4.16 que reúne informação relevante já calculada.

Tabela 4.16 Valores da distância, custo e duração das rotas 4, 6, 8, 9 e 10 com veículo próprio

Rota	Número de clientes na rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha (em €)	Duração da recolha (em dias de trabalho)
4	6	2245	1585	4,2
6	5	1271	897	2,6
8	2	404	285	0,9
9	2	34	24	0,3
10	1	497	351	0,9

Somando a distância a percorrer nas recolhas das cinco rotas obtém-se um total de 4451 km a percorrer a cada duas semanas, o que considerando as 48 semanas de trabalho anuais da Greif, no final do ano teremos percorrido cerca de 107000 km com o veículo. Assim, ao fim dos dez anos o veículo terá percorrido cerca de 1100000 km, já considerando alguns quilómetros extras para alguma recolha extra ou outras necessidades. Assim, o veículo encontra-se dentro da quilometragem expectável pelo que o seu valor de depreciação é de 60000€ ao fim de 10 anos, pois um veículo novo ou seminovo com as características necessárias tem um valor de aquisição de cerca de 90000€ e um veículo semelhante com 10 anos e 1200000km tem um valor de mercado de cerca de 30000€.

Este valor deve ser adicionado ao custo já determinado de fazer as recolhas com um veículo próprio, valores que foram calculados e estão presentes na Tabela 4.17 juntamente com os custos de fazer as mesmas recolhas com um veículo subcontratado (para facilitar a comparação).

Tabela 4.17 Comparação dos custos de recolha com veículo próprio e veículo subcontratado para as rotas 4, 6, 8, 9 e 10

Rota	Distância a percorrer (em km)	Custo da recolha		Redução
		Com veículo próprio (em €)	Com veículo subcontratado (em €)	
4	2245	1585	1632	3%
6	1271	897	961	7%
8	404	285	343	17%
9	34	24	120	80%
10	497	351	373	6%
<b>Total</b>	<b>4451</b>	<b>3142</b>	<b>3428</b>	<b>8%</b>
Total mensal		6284	6850	
Total anual		75408	82200	
Total 10 anos		754080	822000	
Total 10 anos incluindo depreciação do veículo		814080	822000	

Pode assim concluir-se que mesmo com a depreciação do veículo, continua a ser mais vantajoso adquirir um veículo para fazer as recolhas nestas cinco rotas.

Para recolher todos os RIs ao menor custo e respeitando os requisitos do contrato com o Cliente A, será necessário fazer a aquisição de um veículo para fazer cinco das dez rotas de recolha, contratar o serviço de um veículo completo a uma empresa de transportes para fazer três rotas de recolha e contratar um serviço de grupagem para recolher um total de 106 RIs em 16 clientes.

A Tabela 4.18 sintetiza a conclusão quanto ao modo de recolha dos RIs em cada rota, bem como os seus custos e duração.

Tabela 4.18 Melhor modo de recolha para cada rota

Rota	Modo de recolha	Custo da recolha (em €)	Duração da recolha (em dias de trabalho)
1	Veículo subcontratado	1738	2,9
2	Veículo subcontratado	1451	2,5
3	Grupagem	1490	Entre 2 a 4
4	Veículo próprio	1585	4,2
5	Veículo subcontratado	924	1,5
6	Veículo próprio	897	2,6
7	Grupagem	921	Entre 2 a 4
8	Veículo próprio	285	0,9

Rota	Modo de recolha	Custo da recolha (em €)	Duração da recolha (em dias de trabalho)
9	Veículo próprio	24	0,3
10	Veículo próprio	351	0,9

#### 4.8. Planeamento das recolhas

Dado que a disponibilidade de trabalhadores e o espaço são limitados e de forma a não sobrecarregar a fábrica em San Roque com receções de RIs para lavar, é necessário ter as recolhas organizadas e com dias de recolha pré-definidos. Assim, podem ser planeadas as receções de RIs na Greif San Roque e os clientes podem também planejar e organizar-se para terem os RIs prontos a recolher pois conhecem o dia em que será feita a recolha.

Para as recolhas com o veículo próprio, a Tabela 4.19 apresenta o horário que o veículo irá fazer a cada duas semanas, sendo que os números presentes dentro da tabela correspondem ao número da rota à qual o veículo estará a prestar serviço. É importante realçar que para que o condutor do veículo passe sempre os fins-de-semana em casa, o planeamento das recolhas deve ser feito de tal modo que na sexta-feira à tarde seja sempre feita uma descarga na Greif San Roque.

Tabela 4.19 Horário de recolha com veículo próprio a cada duas semanas

Dia da semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Manhã	9	4	4	4	4			8	10	6	6	6
Tarde	4	4	4	4	4			8	10	6	6	6

Para que não sejam apenas as recolhas com veículo próprio a estarem bem organizadas foi desenvolvido o diagrama de Gantt presente na Figura 4.11 para as 10 rotas.

Assim, consegue-se visualizar quando cada rota deve ter o seu início e o seu fim, conseguindo reservar os serviços de transporte com antecedência e evitar qualquer tipo de falha no planeamento. Outro ponto positivo de ter todas as rotas organizadas é o facto de ser possível informar o cliente atempadamente do dia em que será feita a recolha, pois assim o cliente tem tempo de preparar os RIs para a recolha, reduzindo o tempo do veículo no local de carga.

Desta forma consegue-se repartir as descargas pelos dias da semana, de modo a que haja apenas uma descarga por dia na Greif San Roque, contribuindo para uma melhor organização e aproveitamento da fábrica em San Roque.



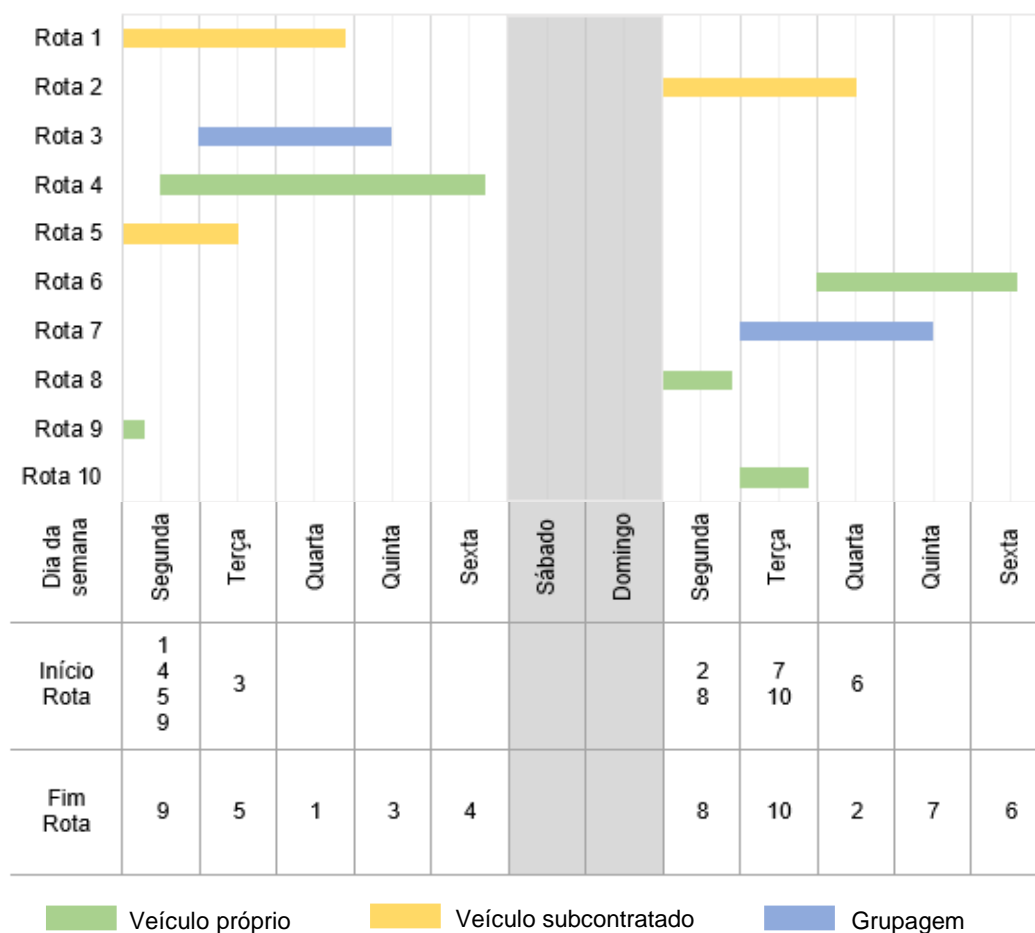


Figura 4.11 Diagrama de Gantt com as 10 rotas de recolha

#### 4.9. Procedimento para criação de novos modelos de recolhas

Utilizando os dados presentes no ficheiro *Excel* original que continha todas as entregas feitas pelo Cliente A aos seus clientes entre janeiro e setembro de 2019, foi possível desenvolver este modelo de recolhas. Caso os clientes do Cliente A alterem os seus consumos ou o Cliente A ganhe ou perca clientes, os dados utilizados para desenvolver este modelo deixam de estar atualizados, pelo que o modelo também passará a estar desatualizado, sendo necessário criar outro modelo de recolhas.

Para isso, foi criado o seguinte procedimento. Este procedimento deve ser utilizado para criar o modelo de recolhas sempre que haja alterações nos consumos dos clientes do Cliente A ou sempre que desapareçam ou apareçam novos clientes.

1. Sintetizar informação dos clientes numa tabela, calculando o consumo de RIs em 15 dias.
2. Criar a matriz das distâncias. Utilizar a função no *Google Sheets* para determinar a distância de todos os clientes à Greif San Roque bem como de todos os clientes entre si.

3. Criar a matriz das economias. Utilizar a equação 4.1 para determinar a economia de agrupar cada par de clientes na mesma rota.
4. Criar rotas de recolha. Utilizar o *Saving Method* para atribuir clientes a rotas/veículos.
5. Sequenciar clientes na rota. Utilizar o *Excel Solver* para determinar a melhor sequenciação de clientes para cada rota. Determinar para veículo próprio e para veículo subcontratado.
6. Determinar a duração de cada rota, utilizando a equação 4.2. Determinar para veículo próprio e para veículo subcontratado.
7. Determinar o custo de cada rota. Determinar para veículo próprio, para veículo subcontratado e para grupagem.
8. Agrupar todos os valores obtidos numa tabela e selecionar o modo de recolha mais económico para cada rota.
9. Determinar o número de veículos próprios necessários. Se for apenas 1, não há problema pois já estará adquirido, se for necessário mais do que 1 será necessário estudar a situação.
10. Otimizar as recolhas. Desenvolver um diagrama de Gantt de forma a definir quando cada rota deve ter o seu início e o seu fim.

#### **4.10. Síntese**

Neste capítulo é concebido o modelo de recolha dos RIs, criando as rotas que serão necessárias efetuar para recolher todos os RIs e identificando qual o modo de recolha mais indicado para cada rota, considerando os respetivos custos.

O capítulo inicia-se com a identificação da matriz das distâncias, onde, através de uma função no Google Sheets, são calculadas as distâncias por estrada entre cada cliente e todos os outros, bem como cada cliente e a fábrica da Greif em San Roque. De seguida, é identificada a matriz das economias, onde se determina a economia que se obtém ao agregar dois clientes na mesma rota/veículo.

O *Savings Method* é aplicado para atribuir clientes a rotas/veículos e, assim, obter as dez rotas que devem ser feitas de forma a recolher todos os RIs de quinze em quinze dias. Utilizando a ferramenta *Solver* do *Microsoft Excel*, é feita a sequenciação dos clientes em cada uma das dez rotas obtidas e são calculadas as durações de cada rota, confirmando que as rotas são todas possíveis de efetuar em menos de quinze dias.

Os custos de efetuar cada rota com cada modo de transporte são calculados e comparados de forma a identificar qual o modo de recolha mais vantajoso para efetuar cada rota. Dentro do modo de recolha com veículo próprio é também calculado e demonstrado que será necessário adquirir apenas um veículo.

Por fim, através de um diagrama de Gantt, é feita a organização das recolhas, resolvendo, assim, o caso de estudo.

Para concluir o capítulo é apresentado também um procedimento para criação do modelo de recolhas, que deve ser utilizado para criar novos modelos de recolhas sempre que haja alterações nos consumos dos clientes do Cliente A ou sempre que desapareçam ou apareçam novos clientes.



## Capítulo 5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros

### 5.1. Conclusões

A logística tem vindo a ganhar importância para as organizações ao longo do tempo devido aos custos inerentes às suas atividades, entre eles, os custos de transporte. De forma a minimizar estes custos na Greif, inc, foi proposto um modelo de recolha de um recipiente industrial. Para o efeito, recorreu-se à criação de rotas de transporte e realizou-se uma análise comparativa de utilizar frota própria ou solicitar um serviço de transporte.

A primeira etapa da dissertação consistiu no enquadramento teórico, onde foram reunidas algumas noções importantes para uma melhor e mais alargada compreensão dos assuntos tratados no caso de estudo. Foi apresentado o conceito de logística, em particular a logística de transportes, donde se destacou o modo de transporte rodoviário. Em seguida, foi apresentado o *Vehicle Routing Problem*, as suas variantes e um método de resolução que aliado ao *Excel Solver* foi a base para a resolução do caso de estudo.

Seguidamente, apresentou-se o Grupo Greif, a sua história e os segmentos de mercado em que atua para que fosse possível entender como nasceu a Greif Ibéria, onde estão localizadas as suas fábricas e que produtos são produzidos em cada uma delas.

Feita a descrição do Grupo Greif, seguiu-se a caracterização do caso de estudo. Foi apresentado o recipiente industrial em estudo, tendo sido descrito o seu ciclo de vida e o mercado onde está inserido. Foi também referido que se pretende recondicionar estes recipientes industriais para serem de novo vendidos ao Cliente A e, assim, serem colocados no mercado como RIs reconicionados.

Para os RIs passarem pelo processo de recondicionamento, primeiro é necessário recolhê-los, pelo que foram apresentados os critérios de aceitação para as recolhas bem como a localização dos clientes e respetivos consumos, chegando à conclusão que os clientes estão presentes em toda a península Ibérica e têm um consumo sem sazonalidade. Foram ainda apresentadas as condições impostas pelo Cliente A para as recolhas serem efetuadas e apresentados os objetivos pretendidos no caso de estudo.

A presente dissertação tem como principal objetivo determinar quais são as rotas de transporte que devem ser criadas para recolher de duas em duas semanas todos os recipientes industriais vazios que os clientes tenham na sua posse. Para além da criação das rotas serão propostos três cenários para o modo de recolha, pretendendo-se, assim, decidir qual o modo de recolha mais indicado para cada uma dessas rotas, se utilizando um veículo da Greif, se subcontratando um veículo ou se utilizando o serviço de grupagem solicitado a uma empresa de transportes.

Com os dados, restrições e objetivos do problema conhecidos, iniciou-se o desenvolvimento do modelo de recolha dos RIs, através da identificação da matriz das distâncias. Recorrendo a uma função no Google Sheets, foram calculadas as distâncias por estrada entre cada cliente e todos

os outros, bem como cada cliente e a fábrica da Greif em San Roque. Depois, foi identificada a matriz das economias, onde se determinou a economia que se obtém ao agregar dois clientes na mesma rota/veículo.

De seguida, foi aplicado o *Savings Method* de forma a atribuir clientes a rotas/veículos e, assim, obter as rotas a realizar de forma a recolher todos os RIs de duas em duas semanas. Foram 10 as rotas identificadas. Utilizando a ferramenta *Solver* do *Microsoft Excel*, foi feita a sequenciação dos clientes em cada uma das rotas e foi determinada a duração de cada rota. Ficou confirmado que todas as rotas são possíveis de efetuar em menos de duas semanas (10 dias úteis).

Os custos de efetuar cada rota com cada modo de transporte foram calculados e comparados de forma a identificar qual o modo de recolha mais vantajoso. No modo de recolha com veículo próprio, foi concluído que será necessário adquirir apenas um veículo.

A Tabela 5.1 contém, para cada rota, o resumo dos resultados obtidos nos cálculos da distância total percorrida, custos da recolha e duração da recolha, tendo em conta o modo de recolha selecionado: veículo subcontratado, veículo próprio e grupagem.

Tabela 5.1 Resumo da distância, custo e duração da recolha em cada rota

Rota	Número de clientes	Modo de recolha	Distância total percorrida (em km)	Custo da recolha (em €)	Duração da recolha (em dias de trabalho)
1	5	Veículo subcontratado	1453	1738	2,9
2	6	Veículo subcontratado	1160	1451	2,5
3	9	Grupagem	5484	1490	De 2 a 4
4	6	Veículo próprio	2245	1585	4,2
5	4	Veículo subcontratado	683	924	1,5
6	5	Veículo próprio	1271	897	2,6
7	7	Grupagem	3283	921	De 2 a 4
8	2	Veículo próprio	404	285	0,9
9	2	Veículo próprio	34	24	0,3
10	1	Veículo próprio	497	351	0,9

Por fim, através de um diagrama de Gantt, foi feito o planeamento das recolhas ao longo das semanas, finalizando, assim, o caso de estudo.

No caso das recolhas a efetuar com os serviços de grupagem e de veículo subcontratado, estes serão planeados e solicitados com a devida antecedência à empresa de transportes. As rotas 1 e 5 devem começar na primeira segunda-feira da quinzena, a rota 3 na primeira terça-feira da quinzena, a rota 2 na segunda segunda-feira da quinzena e a rota 7 na segunda terça-feira da quinzena.

No caso das recolhas a efetuar com o veículo próprio, o veículo despenderá a manhã da primeira segunda-feira da quinzena a efetuar a rota 9 e de seguida, e até ao final da semana, irá efetuar a rota 4. Na segunda semana da quinzena irá efetuar, por esta ordem, as rotas 8, 10 e 6, completando assim o percurso quinzenal.

Atualmente a Greif faz as recolhas dos RIs utilizando sempre um veículo subcontratado, mas com este caso de estudo foi possível demonstrar que adquirindo apenas um veículo e utilizando o modo de recolha certo para cada rota é possível melhorar o resultado financeiro ao fim dos dez anos de contrato com o Cliente A em mais de 5%, conforme apresentado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 Melhoria financeira obtida com as rotas de recolha propostas

Total	Custo total de fazer as recolhas		Redução
	Situação atual	Situação proposta	
1 Recolha	11303 €	10739 €	<b>5,3%</b>
Mensal	22606 €	21478 €	
Anual	271272 €	257736 €	
Contrato (10 anos)	2712720 €	2577360 €	

Com o modelo proposto para este caso de estudo, foram alcançados os objetivos pretendidos e cumpridas as necessidades do Cliente A, permitindo aumentar o valor e os ganhos da Greif.

Para além disso, foi também desenvolvido o procedimento para criação do modelo de recolhas, que deve ser utilizado para criar novos modelos de recolhas sempre que haja alterações nos consumos dos clientes do Cliente A ou sempre que desapareçam ou apareçam novos clientes.

Com este trabalho a Greif desenvolveu com sucesso mais uma área de negócio que até ao momento nunca tinha sido explorada, criou postos de trabalho, desenvolveu a sua fábrica e as suas competências logísticas. Criou um ciclo de vida para os seus produtos, contribuindo para um meio ambiente mais verde. Aumentou a confiança e a fidelização do Cliente A para com os seus produtos e serviços, e, acima de tudo, criou mais receita e aumentou o valor da Greif Ibéria.

O Cliente A passou a ter mais um serviço para oferecer aos seus clientes, um serviço amigo do ambiente que promove o reaproveitamento de resíduos. Passou a conseguir vender o seu produto a preços mais competitivos utilizando recipientes reciclados, criando a possibilidade de chegar a mais clientes, aumentando o seu volume de negócio.

Os clientes do Cliente A ganharam um serviço que lhes permite desfazerem-se dos recipientes industriais de uma forma oficial fácil, rápida e segura, tendo a garantia de que os recipientes serão tratados e reciclados. Com isto, terão também a possibilidade de negociar preços mais competitivos com o Cliente A pois estão a ajudar no reaproveitamento dos RIs o que permite reduzir custos.

No final, este é um trabalho de dissertação que trás vantagens a todos os envolvidos e acima de tudo ajuda o meio ambiente e promove o reaproveitamento de resíduos.

## **5.2. Limitações**

A principal limitação do estudo desenvolvido na presente dissertação foi o facto de a série de dados utilizada como base para estimar os consumos dos clientes ser um ficheiro Excel contendo informações apenas das entregas feitas entre janeiro e setembro de 2019, o que significa que os consumos para os anos seguintes podem variar pois os clientes podem não ter necessidades exatamente iguais ao período temporal da série de dados.

Outra limitação é o facto de o horário de funcionamento de cada cliente não ser conhecido o que pode resultar no aumento da duração da recolha e, assim, ter impacto nas rotas seleccionadas. Na maioria dos clientes o horário não irá afetar as cargas, mas poderá haver alguma situação em que o cliente esteja encerrado da parte da tarde, podendo assim ter impacto no planeamento da rota.

## **5.3. Propostas para desenvolvimento futuro**

Um desenvolvimento futuro para melhorar o modelo de recolha de RIs da Greif poderá passar por nas rotas 3 e 7, seleccionadas para recolher com grupagem, alguns dos seus clientes serem trocados por outros presentes noutras rotas. Por exemplo, os clientes da região de Huelva presentes na rota 6 passarem a ser recolhidos por grupagem ou passarem a pertencer à rota 8 (que ainda tem capacidade para receber mais clientes) e os clientes da rota 3 que estão definidos para recolher com grupagem passarem a pertencer à rota 6. Este é um estudo que implica testar cada cliente individualmente em cada rota e em cada modo de recolha o que para tal será necessário testar dezenas de hipóteses.

Outra opção é a de estudar a possibilidade de ter armazéns intermédios estrategicamente colocados de forma a que os RIs recolhidos nos clientes fossem armazenados nesses armazéns. Assim a recolha poderia ser mais regular nos clientes e em quantidades variadas, evitando as recolhas de duas em duas semanas de uma quantidade restrita de RIs. Depois, seria necessário pelo menos um veículo da Greif fazer o transporte entre os armazéns e a Greif San Roque, trazendo os RIs para a fábrica de acordo com as necessidades do Cliente A, bem como dos trabalhadores e espaço disponíveis.

A Greif tem clientes novos em todas as regiões da Península Ibérica onde entrega RIs pelo que seria uma boa opção estudar a possibilidade de juntar entregas de RIs novos com recolhas de RIs usados. Desta forma, em vez do veículo fazer a viagem de ida vazio para depois poder fazer a viagem de regresso carregado com RIs para lavar, faria a viagem de ida carregado com RIs novos, descarregava-os no cliente e depois fazia a viagem de regresso fazendo as recolhas de RIs para lavar, tornando os custos de transporte mais baixos.



## Referências bibliográficas

- Barreira, N. M. C. (2016). Sistema Inteligente para Otimização de Rotas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 74 pp.
- Bastos, D. M. F. (2016). Afetação de cargas no transporte rodoviário de mercadorias. Trabalho de Projeto, Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e à Gestão, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 118 pp.  
[https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/23478/1/ulfc118211\\_tm\\_David\\_Bastos.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/23478/1/ulfc118211_tm_David_Bastos.pdf)
- Bowersox, D. J., Closs, D. J & Cooper, M. B. (2007). Supply Chain Logistics Management, 2<sup>nd</sup> Edition. The McGraw-Hill International Edition, Irwin Series Operations and Decision Sciences Operations Management, 410 pp.
- Branco, F. J. C. & Giglioli, O. A. (2014). Roteirização de transporte de carga, distribuidora de tintas e seu método de entregas. Rev. FAE, Curitiba, 17(2): 56-81. Acedido em 12 de dezembro de 2019 em <C:/Users/EMP/Downloads/18-35-1-SM.pdf>
- Chekoubi, Z., Trabelsi, W. & Sauer, N. (2018). The integrated production-inventory-routing problem in the context of reverse logistics: The case of collecting and remanufacturing of EOL products. 4<sup>th</sup> International Conference on Optimization and Applications (ICOA), 1–6, Mohammedia, Morocco, <https://doi.org/10.1109/ICOA.2018.8370563>
- Chopra, S. & Meindl, P. (2013). Supply-Chain Management. Strategy, Planning and Operation, Pearson International Editions, 5<sup>th</sup> ed., Harlow.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operations Research, 12(4), 621-629. <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- Cordeau, J.-F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W. P. & Vigo, D. (2007). Chapter 6 Vehicle Routing. In: Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 14, pp. 367–428. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(06\)14006-2](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14006-2)
- Dantzig, G. B. & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80–91. <https://www.jstor.org/stable/2627477?origin=JSTOR-pdf&seq=1>
- Davidsson, P., Henesey, L., Ramstedt, L., Törnquist, J. & Wernstedt, F. (2005). An analysis of agent-based approaches to transport logistics. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 13(4), 255–271. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2005.07.002>

- Golden, B., Raghavan, S. & Wasil, E. (Eds.). (2008). The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges. Springer US: New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77778-8>
- Greif (2019). Acedido a 15 setembro de 2019 <https://www.greif.com/about-greif/history>; <https://www.company-histories.com/Greif-Inc-Company-History.html>; <http://greif.qstartlabs.com/company/history/index.html>
- Guerreiro, A. F. M. (2009). Construção de uma metaheurística de optimização de rotas de veículos. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 86 pp.
- Lambert, D. M; Stock, J. R & Ellram, L. M. (1998). Fundamentals of logistics management. McGraw-Hill International Editions, 611 pp.
- Lourenço, M. J. A. (2016). Optimization of a transportation network case-study: Bosch Termotecnologia S.A. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, 84 pp.
- Lysgaard, J. (1997). Clarke & Wright's Savings Algorithm. Department of Management Science and Logistics. The Aarhus School of Business, Denmark, 8 pp.
- Machado, V. H. (2018). Logística – Transportes, Parte A, Parte B, Parte C. Departamento Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 21 pp.
- Neves, L. H. C. B (2011). Modelação de uma rede logística de recolha e transporte de resíduos de café. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 157 pp.
- Nicolau, S. J. S. (2012). Optimização e a viabilidade de rotas na integração da Associação de Municípios de Raia - Pinhal na VALNOR, S.A. Dissertação de Mestrado em Empreendedorismo e Gestão de PME. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Portalegre, 178 pp.
- Nunes, A. M. M. (2015). Gestão de *stocks* de matérias-primas na indústria de recipientes metálicos pesados: Caso de estudo. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 119 pp.
- Petrache, P. A. C. (2015). Logistics – Evolution through Innovation. Annals of Faculty of Economics, 1(1), 1141-1148, [https://econpapers.repec.org/article/orajournal/v\\_3a1\\_3ay\\_3a2015\\_3ai\\_3a1\\_3ap\\_3a1141-1148.htm](https://econpapers.repec.org/article/orajournal/v_3a1_3ay_3a2015_3ai_3a1_3ap_3a1141-1148.htm)

- Rand, G. K. (2009). The life and times of the Savings Method for Vehicle Routing Problems. *ORiON*, 25(2): 125-145. <https://doi.org/10.5784/25-2-78>
- Sardinha, F. D. J. (2017). A gestão de transportes na cadeia de logística. Dissertação de Mestrado em Estratégia de Investimento e Internacionalização, Instituto Superior de Gestão, Lisboa, 87 pp.
- Tadahiko, Murata, & Ryota Itai. (2008). Enhancing Solution Similarity in Multi-Objective Vehicle Routing Problems with Different Demand Periods. INTECH.
- Toth, P. & Vigo, D. (Eds.) (2002). The Vehicle Routing Problem. SIAM Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, US, 367 pp.



## Anexos

Anexo I – Distância de cada cliente à fábrica de San Roque em quilómetros

Cliente	Distância à fábrica de San Roque (em km)
B	12,7
C	1118,6
D	961,1
E	1075,1
F	12,6
G	660,1
H	664,5
I	646,5
J	738,4
K	712,7
L	653,3
M	660,1
N	1141,1
O	926,3
P	1191,4
Q	288,6
R	666,6
S	543,6
T	1021,4
U	1100,8
V	655,0
W	934,6
X	554,6
Y	307,8
Z	286,2
AA	913,3
AB	1136,1
AC	337,6
AD	437,4
AE	248,4
AF	810,1
AG	870,3
AH	543,6
AI	655,3
AJ	310,0
AK	1045,1

Cliente	Distância à fábrica de San Roque (em km)
AL	1114,4
AM	963,5
N A	199,4
AO	1038,2
AP	909,5
AQ	738,1
AR	648,8
AS	648,4
AT	657,0
AU	1134,6
AV	4,6

Anexo II – Matriz das distâncias

a)

	San Roque	B	C	D	E	F	G	H	I	J
San Roque	0									
B	13	0								
C	1119	1109	0							
D	961	967	801	0						
E	1075	1075	87	791	0					
F	13	23	1128	971	1085	0				
G	660	653	602	953	518	672	0			
H	664	656	579	881	495	675	30	0		
I	646	637	492	865	407	656	126	105	0	
J	738	731	404	859	320	750	219	198	104	0
K	713	706	382	827	297	725	241	220	134	37
L	653	647	621	948	537	666	24	51	140	226
M	660	665	600	315	600	668	650	578	564	541
N	1141	1148	1052	262	1045	1152	1213	1141	1127	1127
O	926	919	200	607	193	938	583	562	476	387
P	1191	1197	1060	270	1053	1201	1220	1148	1134	1134
Q	289	281	983	939	899	300	412	417	510	602
R	667	670	608	311	608	676	658	587	572	548
S	544	549	752	462	752	553	701	630	615	692
T	1021	1027	1023	233	1016	1031	1183	1112	1097	1098
U	1101	1107	932	142	926	1110	1093	1021	1007	1007
V	655	661	601	314	600	664	637	565	551	541
W	935	940	820	33	813	944	927	855	841	833
X	555	560	1045	561	1045	564	1030	959	944	985
Y	308	300	907	825	800	319	313	318	411	503
Z	286	279	883	862	799	297	313	317	410	502
AA	913	906	171	859	87	925	440	419	334	244
AB	1136	1142	1099	309	1092	1145	1260	1188	1174	1174
AC	338	343	1138	747	1138	347	879	884	866	958
AD	437	430	785	639	742	449	354	359	355	447
AE	248	254	1011	721	1011	258	726	731	713	805
AF	810	816	907	177	907	819	941	869	855	847
AG	870	876	628	171	621	880	770	749	735	651
AH	544	549	752	462	752	553	701	630	615	692
AI	655	661	1018	416	1018	665	1003	931	917	958
AJ	310	316	934	644	934	319	619	624	620	712
AK	1045	1090	698	201	691	1054	891	870	856	773
AL	1114	1120	1092	302	1085	1124	1253	1181	1167	1167
AM	964	969	795	14	788	973	956	884	870	870
NA	199	192	948	831	905	211	490	494	476	568
AO	1038	1092	699	194	693	1048	893	872	858	774
AP	909	915	681	116	675	919	823	802	788	704
AQ	738	744	959	324	958	747	969	897	883	899
AR	649	654	609	342	609	658	625	554	539	549
AS	648	654	864	365	864	658	850	778	764	804
AT	657	663	600	313	600	666	648	576	562	540
AU	1135	1127	677	256	708	1146	928	907	893	809
AV	5	11	1117	957	1074	16	659	663	645	737

b)

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
K	0										
L	260	0									
M	508	643	0								
N	1095	1206	577	0							
O	359	604	407	857	0						
P	1102	1214	584	119	867	0					
Q	621	405	634	1119	829	1205	0				
R	516	652	10	569	416	577	649	0			
S	660	695	161	661	560	711	527	168	0		
T	1065	1177	547	129	830	178	1004	543	542	0	
U	975	1086	457	123	740	132	1083	453	601	100	0
V	509	630	6	572	408	580	628	16	155	546	451
W	801	920	290	298	628	305	917	286	435	271	176
X	953	1024	445	621	853	671	665	452	350	500	555
Y	522	307	520	1083	715	1091	93	528	519	1011	962
Z	522	306	558	1121	752	1128	56	566	503	995	999
AA	222	462	598	1109	236	1117	816	606	750	1082	987
AB	1142	1253	623	66	907	177	1119	619	657	128	173
AC	932	872	548	807	946	857	512	554	415	686	741
AD	421	347	334	897	593	905	345	342	383	805	775
AE	779	720	420	901	818	951	359	427	287	780	858
AF	815	934	305	441	715	449	793	301	331	324	320
AG	619	856	226	422	436	429	853	222	371	395	300
AH	660	695	161	661	560	711	527	168	1	540	599
AI	926	996	418	476	825	526	766	425	323	355	410
AJ	842	613	343	824	741	874	356	350	210	703	781
AK	740	913	401	452	505	459	1005	428	545	425	330
AL	1135	1246	617	76	900	188	1097	613	635	106	166
AM	838	949	319	264	603	272	946	315	464	237	143
N A	542	483	530	1011	756	1062	122	537	398	890	968
AO	742	914	394	445	507	452	1007	390	539	418	323
AP	672	895	265	366	489	374	892	261	410	339	245
AQ	867	962	362	384	766	434	763	369	300	263	318
AR	517	619	36	600	416	607	616	46	149	573	478
AS	772	843	264	504	672	555	631	271	169	383	438
AT	508	641	6	572	408	579	639	15	157	545	450
AU	777	949	474	506	542	418	1042	464	630	479	385
AV	711	652	656	1137	925	1187	291	663	523	1016	1094



c)

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
V	0										
W	288	0									
X	441	534	0								
Y	511	798	673	0							
Z	549	836	659	38	0						
AA	599	793	1044	722	722	0					
AB	621	341	615	1128	1111	1151	0				
AC	543	720	217	527	504	1129	802	0			
AD	325	612	616	226	264	622	944	529	0		
AE	415	694	315	374	351	1001	896	160	379	0	
AF	303	150	389	812	785	898	440	583	625	569	0
AG	224	154	643	734	772	642	469	756	547	630	261
AH	156	436	350	536	519	743	656	429	386	303	329
AI	414	389	154	781	758	1008	471	348	594	415	244
AJ	338	618	376	365	348	924	819	222	287	95	492
AK	399	223	748	886	924	750	499	942	722	804	367
AL	615	335	593	1107	1090	1144	36	787	937	874	418
AM	317	46	571	827	865	847	312	766	640	723	190
N A	525	805	544	137	114	743	1006	390	267	239	680
AO	392	216	741	888	926	752	492	936	715	798	360
AP	263	101	621	773	811	696	414	795	586	669	239
AQ	359	297	237	772	755	949	379	431	571	498	152
AR	24	315	443	497	535	599	647	534	310	408	332
AS	260	338	214	641	624	855	499	379	440	408	192
AT	2	287	442	519	558	591	619	542	332	416	304
AU	480	277	803	923	961	787	554	997	800	889	421
AV	651	931	550	306	283	912	1132	332	436	245	805

d)

	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	N A	AO	AP
AG	0									
AH	372	0								
AI	499	323	0							
AJ	553	210	486	0						
AK	192	545	604	727	0					
AL	462	635	449	796	493	0				
AM	165	464	427	646	195	306	0			
N A	741	398	641	242	929	986	834	0		
AO	185	539	597	720	9	486	189	921	0	
AP	57	410	476	591	136	407	110	780	128	0
AQ	407	300	92	462	511	359	335	650	504	384
AR	251	149	415	331	426	641	344	530	419	290
AS	462	169	186	330	552	479	376	519	545	502
AT	223	157	415	339	398	613	316	528	390	262
AU	246	630	659	812	66	547	250	956	71	190
AV	867	523	647	330	1098	1111	959	198	1034	906

e)

	AQ	AR	AS	AT	AU	AV
AQ	0					
AR	373	0				
AS	145	261	0			
AT	361	32	261	0		
AU	569	505	607	479	0	
AV	724	643	645	653	1134	0

Anexo III – Matriz das economias

a)

	San Roque	B	C	D	E	F	G	H	I	J
San Roque	0									
B	0	0								
C	0	22	0							
D	0	7	1278	0						
E	0	13	2107	1245	0					
F	0	3	3	3	3	0				
G	0	20	1177	668	1218	1	0			
H	0	21	1204	744	1245	2	1295	0		
I	0	22	1273	743	1314	3	1181	1206	0	
J	0	20	1453	840	1494	1	1179	1204	1280	0
K	0	19	1450	846	1490	0	1132	1157	1225	1414
L	0	19	1151	667	1191	0	1289	1267	1160	1166
M	0	8	1178	1306	1135	4	670	747	743	858
N	0	6	1208	1840	1171	2	588	665	661	752
O	0	20	1845	1280	1808	1	1004	1029	1096	1278
P	0	7	1250	1883	1213	3	631	707	704	795
Q	0	20	424	311	465	1	536	536	425	425
R	0	9	1177	1317	1134	3	668	744	741	857
S	0	7	910	1042	867	3	502	579	575	590
T	0	7	1117	1750	1080	3	498	574	571	662
U	0	7	1287	1920	1250	3	668	744	741	832
V	0	7	1173	1302	1130	3	678	754	751	853
W	0	7	1233	1862	1196	3	668	744	741	840
X	0	7	628	955	585	3	184	261	257	308
Y	0	20	519	444	583	1	655	655	543	543
Z	0	20	522	385	562	1	634	634	523	523
AA	0	20	1860	1016	1901	1	1133	1158	1226	1407
AB	0	7	1156	1788	1119	3	537	613	609	701
AC	0	7	318	552	274	3	118	118	118	118
AD	0	20	771	760	771	1	743	743	729	729
AE	0	7	356	488	313	3	182	182	182	182
AF	0	7	1022	1595	978	3	529	606	602	701
AG	0	7	1361	1660	1324	3	761	786	782	957
AH	0	7	910	1042	867	3	502	579	575	590
AI	0	7	756	1200	713	3	312	388	385	436
AJ	0	7	495	627	451	3	351	350	336	336
AK	0	-32	1466	1805	1429	3	814	839	836	1011
AL	0	7	1141	1773	1104	3	522	598	594	686
AM	0	7	1287	1911	1250	3	668	744	741	832
N A	0	20	370	329	370	1	370	370	370	370
AO	0	-41	1457	1805	1421	3	806	831	827	1002
AP	0	7	1347	1755	1310	3	746	772	768	943
AQ	0	7	898	1375	855	3	430	506	502	578
AR	0	7	1159	1268	1115	3	684	760	756	838
AS	0	7	903	1244	859	3	459	535	531	582
AT	0	7	1176	1305	1132	3	669	745	742	855
AU	0	20	1576	1840	1502	1	867	892	888	1064
AV	0	6	6	9	6	1	6	6	6	6

b)

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
K	0										
L	1106	0									
M	864	670	0								
N	759	588	1225	0							
O	1280	975	1179	1210	0						
P	802	631	1267	2214	1250	0					
Q	380	536	314	311	386	275	0				
R	863	668	1316	1239	1177	1281	306	0			
S	596	502	1042	1024	910	1024	306	1042	0		
T	669	498	1134	2034	1117	2035	306	1145	1023	0	
U	839	668	1304	2119	1287	2160	306	1315	1043	2023	0
V	859	678	1309	1224	1173	1266	316	1306	1043	1131	1305
W	846	668	1304	1778	1233	1821	306	1315	1043	1685	1859
X	314	184	770	1075	628	1075	178	769	748	1076	1101
Y	498	655	448	366	519	408	504	446	333	318	447
Z	477	634	389	307	460	349	519	387	327	312	388
AA	1404	1105	976	945	1604	988	386	974	707	852	1027
AB	707	537	1173	2211	1156	2151	306	1183	1023	2030	2064
AC	118	118	450	672	318	672	114	450	466	673	697
AD	729	743	763	682	771	724	381	762	598	653	763
AE	182	182	488	488	356	488	178	488	505	490	491
AF	708	529	1166	1510	1022	1553	306	1176	1023	1508	1591
AG	964	668	1304	1590	1361	1632	306	1315	1043	1497	1671
AH	596	502	1042	1024	910	1024	306	1042	1086	1025	1045
AI	442	312	898	1320	756	1320	178	897	876	1322	1346
AJ	181	351	627	627	495	627	243	627	643	629	630
AK	1017	786	1304	1735	1466	1777	328	1284	1043	1642	1816
AL	692	522	1158	2179	1141	2118	306	1168	1023	2030	2049
AM	839	668	1304	1840	1287	1883	306	1315	1043	1747	1922
N A	370	370	329	329	370	329	366	329	345	331	332
AO	1009	777	1304	1735	1457	1777	320	1315	1043	1642	1816
AP	950	668	1304	1684	1347	1727	306	1315	1043	1592	1766
AQ	584	430	1036	1495	898	1495	264	1035	982	1497	1521
AR	845	684	1273	1190	1159	1233	321	1270	1043	1097	1271
AS	589	459	1044	1285	903	1285	306	1044	1023	1287	1311
AT	862	669	1311	1226	1176	1269	307	1308	1043	1134	1308
AU	1070	839	1321	1770	1519	1908	381	1337	1048	1677	1851
AV	6	6	9	9	6	9	2	8	25	10	12

c)

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
V	0										
W	1301	0									
X	769	955	0								
Y	452	444	189	0							
Z	393	385	182	556	0						
AA	970	1055	424	499	478	0					
AB	1170	1729	1076	315	311	898	0				
AC	450	552	675	118	120	122	672	0			
AD	767	760	376	519	460	728	629	246	0		
AE	488	488	488	182	184	161	489	426	307	0	
AF	1162	1595	976	306	311	826	1506	565	622	489	0
AG	1301	1650	782	444	384	1141	1537	452	761	489	1420
AH	1042	1042	748	315	311	714	1024	452	595	489	1025
AI	897	1201	1056	182	184	560	1321	645	499	489	1221
AJ	627	627	489	253	249	299	627	426	460	463	628
AK	1301	1757	851	467	407	1209	1682	440	761	489	1489
AL	1155	1714	1076	315	311	883	2215	665	614	489	1507
AM	1301	1852	947	444	384	1030	1788	536	761	489	1584
N A	329	329	210	370	371	369	329	147	370	209	330
AO	1301	1757	851	458	398	1200	1682	440	761	489	1489
AP	1301	1743	844	444	384	1127	1632	452	761	489	1481
AQ	1035	1375	1056	274	270	702	1495	645	604	489	1396
AR	1280	1268	761	460	400	963	1138	452	776	489	1127
AS	1043	1245	989	315	311	707	1285	607	645	489	1267
AT	1310	1305	769	445	386	980	1174	452	762	489	1163
AU	1309	1792	886	519	460	1261	1717	475	772	494	1524
AV	8	9	9	6	8	6	9	10	6	8	9

d)

	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	N A	AO	AP
AG	0									
AH	1042	0								
AI	1027	876	0							
AJ	627	643	479	0						
AK	1724	1043	1096	628	0					
AL	1523	1023	1321	628	1667	0				
AM	1669	1043	1192	628	1813	1772	0			
N A	329	345	214	267	315	328	329	0		
AO	1724	1043	1096	628	2075	1667	1813	317	0	
AP	1722	1043	1089	628	1819	1617	1763	329	1819	0
AQ	1202	982	1301	587	1272	1494	1366	287	1272	1264
AR	1268	1043	889	628	1268	1122	1269	318	1268	1268
AS	1056	1023	1118	628	1141	1284	1236	329	1142	1056
AT	1304	1043	898	628	1304	1159	1305	329	1305	1304
AU	1759	1048	1131	633	2114	1702	1848	378	2102	1854
AV	8	25	13	-15	-49	8	9	6	9	8

e)

	AQ	AR	AS	AT	AU	AV
AQ	0					
AR	1013	0				
AS	1241	1036	0			
AT	1034	1274	1045	0		
AU	1304	1279	1176	1313	0	
AV	19	10	8	9	5	0